



**TUGAS AKHIR - MO 141326**

# **STUDI PENELITIAN TRANSMISI GELOMBANG PADA TERUMBU BUATAN HEXAGONAL DENGAN PENGARUH KONFIGURASI VERTIKAL**

**MUHAMMAD ADIMAS HASNAN HABIB**

**NRP. 0431 1340 000 130**

**Dosen Pembimbing**

**Haryo D Armono, ST, M.Eng, Ph.D**

**Sujantoko, ST, MT**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



UNDERGRADUATE THESIS - MO141326

# RESEARCH STUDY OF WAVE TRANSMISSION IN HEXAGONAL ARTIFICIAL REEF WITH EFFECT OF VERTICAL CONFIGURATION

MUHAMMAD ADIMAS HASNAN HABIB

NRP. 0431 1340 000 130

Supervisors

Haryo D Armono, ST, M.Eng, Ph.D

Sujantoko, ST, MT

DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE ENGINEERING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2018

**STUDI PENELITIAN TRANSMISI GELOMBANG PADA TERUMBU BUATAN  
HEXAGONAL DENGAN PENGARUH KONFIGURASI VERTIKAL**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

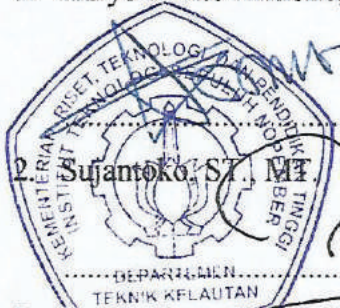
Oleh:

**MUHAMMAD ADIMAS HASNAN HABIB**

**NRP. 0431 1340 000 130**

Disetujui oleh pembimbing tugas akhir

1. Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., PhD.



2. ~~Sujantoko, ST., MT.~~

3. ~~Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.~~

4. Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.

..... (Pembimbing I)

..... (Pembimbing II)

..... (Penguji I)

..... (Penguji II)

SURABAYA, JANUARI 2018

# **STUDI PENELITIAN TRANSMISI GELOMBANG PADA TERUMBU BUATAN HEXAGONAL DENGAN PENGARUH KONFIGURASI VERTIKAL**

**Nama : Muhammad Adimas Hasnan Habib**  
**NRP : 0431 1340 000 130**  
**Departemen : Teknik Kelautan FTK - ITS**  
**Dosen Pembimbing : Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., PhD.**  
**Sujantoko, ST., MT.**

## **ABSTRAK**

Terumbu karang merupakan tempat perlindungan bagi biota laut sekaligus sebagai peredam gelombang laut. Seiring berjalannya waktu, ekosistem laut banyak yang rusak dan perlu diperbarui melalui ekosistem buatan. Kerusakan ini salah satunya terjadi akibat ulah manusia seperti memburu ikan dengan cara diledakkan yang menyebabkan rusaknya biota laut dan seisinya. Selain itu, kerusakan terumbu karang juga disebabkan oleh faktor alam, seperti adanya gelombang tinggi atau badai. Tujuan penelitian yang dilakukan kali ini adalah untuk mengkaji efektifitas terumbu buatan sebagai daya redam gelombang air laut. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan terumbu buatan bentuk hexagonal. Untuk menguji kekuatan daya redam oleh terumbu buatan, maka perlu dilakukan perhitungan transmisi untuk mendapatkan koefisien transmisi serta melihat berapa daya redam yang paling baik dengan beberapa variasi konfigurasi vertikal. Diameter dari terumbu buatan adalah sebesar 14 cm, dengan tinggi 10 cm, sudut  $84^\circ$ , jumlah lubang 6 buah, dan berat  $\pm 1$  kg. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa (1) Semakin kecil koefisien transmisi, maka semakin baik daya redam struktur terumbu buatan tersebut; (2) Semakin besar *wave steepness*, maka nilai koefisien transmisi semakin berkurang. Konfigurasi terbaik dalam meredam gelombang adalah penggunaan struktur konfigurasi C dengan nilai koefisien transmisi terkecil 0,55. Sedangkan untuk redaman energi terbesar pada struktur konfigurasi C adalah sebesar 70,91%.

**Kata kunci:** *submerged breakwater, artificial hexareef, koefisien transmisi*

# RESEARCH STUDY OF WAVE TRANSMISSION IN HEXAGONAL ARTIFICIAL REEF WITH EFFECT OF VERTICAL CONFIGURATION

**Name** : Muhammad Adimas Hasnan Habib  
**NRP** : 0431 1340 000 130  
**Departement** : Ocean Engineering FTK - ITS  
**Supervisors** : Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., PhD.  
Sujantoko, ST., MT.

## ABSTRACT

Coral reefs are a refuge for marine biota as well as silencers of ocean waves. Over time, many marine ecosystems are damaged and need to be renewed through artificial ecosystems. Some of these damages occur because of human activities such as hunting fish by blasting. It is very harmful because it will damage the marine biota and all. In addition, coral reef damage is also caused by natural factors, such as the high waves or storms that take place. The research conducted this time is to study the effectiveness of artificial reef as the power of sea water wave. The research will be conducted this time using the hexagonal artificial reefs. To test the strength of the damping power by artificial reef, it is necessary to calculate the transmission to obtain the transmission coefficient and see how the best damping power with some variations of vertical configuration. Diameter of artificial reef 14 cm, with height 10 cm, angle 84 °, number of holes 6 pieces, and weight  $\pm$  1 kg. The result of this research can be concluded that (1) The smaller the transmission coefficient, the better the damping power of the structure of the artificial reefs; (2) The greater the wave steepness, the value of the transmission coefficient decreases. The best configuration in muffling the waveform is the use of a C configuration structure with the smallest transmission coefficient value of 0.55. As for the greatest energy damping on the structure of configuration C is equal to 70.91%.

**Keywords:** *submerged breakwater, artificial hexareef, transmission coefficient*

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas limpahan hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Studi Penelitian Transmisi Gelombang Pada Terumbu Buatan Hexagonal Dengan Pengaruh Konfigurasi Vertikal " dengan lancar.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan penting dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana (S-1) penulis di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan baik yang sengaja maupun tidak sengaja. Maka dari itu penulis mengharapkan adanya saran dan masukan yang membangun untuk Tugas Akhir ini ataupun untuk penelitian selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang kelautan maupun bidang teknik pelabuhan.

Surabaya, 9 Januari 2018

Muhammad Adimas Hasnan Habib

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam mengerjakan penelitian dan penulisan laporan untuk Tugas Akhir ini ada berbagai pihak yang ikut membantu dan memberikan dukungan untuk penulis. Maka dari itu saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Almarhumah Ibu saya Hj. Yulifah, yang dua hari sebelum sidang akhir meninggalkan dunia untuk selama lamanya. Terimakasih selalu mendoakan saya tiada henti dari pagi siang malam, selalu mensupport baik lahir maupun batin.
3. Bapak Haryo Dwito A, S.T., M.Eng.,Ph.D, selaku Dosen Pembimbing 1 yang berkenan meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberikan masukan serta ilmu yang berguna dalam penyelesaian masa studi dan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Sujantoko, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah berkenan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D., selaku kepala lab. flum tank yang berkenan memberikan izin penggunaan laboratorium
6. Bapak Arif Mochtar, selaku teknisi lab flume tank yang berkenan meluangkan waktunya untuk membantu proses running.
7. Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D. selaku dosen wali yang telah membimbing dari awal masuk kuliah sampai saat ini.
8. Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran tentang Tugas Akhir ini (Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D. dan Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc.)
9. Kakak-kakak saya mbak Kiki, mas Yuwan, Papa saya Drs. H. Winarto, MM. dan Tante Atik yang telah mensupport secara lahir dan batin.
10. Teman-teman *artificial hexareef* (Abid, Olan, Ghifari, Paung, Bang Bryan) yang banyak membantu dan saling support satu sama lain dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Lutvi Ismi Hidayah yang selalu mensupport dan mengingatkan saya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
12. Sahabat seperjuangan di Surabaya Afrinanda, Herdiaz, Fahmi, Bagus terimakasih selalu menemani disaat suka maupun duka.

13. Keluarga Besar Angkatan 2013 Teknik Kelautan FTK-ITS (Valtameri) terutama Pejuan Kelautan 2013 terimakasih atas kebersamaan, kekeluargaan dan petualangan-petualangannya yang telah dilalui bersama. Dalam suka duka cita. Terima kasih banyak.
14. Kepada semuanya yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih telah mendoakan dan mensupport saya sampai akhirnya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Gelombang .....	6
2.2.2 Transmisi Gelombang .....	7
2.2.3 Energi Gelombang.....	9
2.2.4 Pemodelan Fisik .....	10
2.2.4.1 Sebangun Geometrik.....	11
2.2.4.2 Sebangun Kinematik .....	11
2.2.4.3. Sebangun Dinamik.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	13
3.1 Metode Penelitian .....	13
3.2 Prosedur Penelitian .....	14
3.2.1 Studi Literatur.....	14
3.2.2 Persiapan Percobaan .....	14
3.2.2.1 Pembuatan Model Fisik .....	14

3.2.2.2 Persiapan dan Pengecekan Peralatan Laboratorium .....	16
3.2.2.3 Penentuan Parameter Gelombang .....	18
3.2.2.4 Kalibrasi Laboratorium .....	19
3.2.3 Penempatan dan Penyusunan Model .....	20
3.2.4 Pelaksanaan Percobaan .....	22
3.2.5 Analisa Hasil .....	24
3.2.6 Kesimpulan .....	26
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1 Analisa Data .....	27
4.1.1 Kalibrasi <i>Wave Probe</i> .....	27
4.1.2 Penentuan Input Gelombang .....	28
4.1.3 Pengambilan Data .....	29
4.1.4 Gelombang Trecatat .....	30
4.1.5 Perhitungan .....	31
4.2 Pembahasan .....	33
4.2.1 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan <i>Wave Steepness</i> .....	33
4.2.2 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Tinggi Gelombang .....	34
4.2.3 Hubungan Koefisien Trasn misi Dengan Rasio Tinggi Susunan .....	35
4.2.4 Perbandingan dengan Studi Sebelumnya .....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	38
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran .....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	39
LAMPIRAN .....	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi .....	1
Gambar 3.2 Model Terumbu Buatan Hexagonal.....	15
Gambar 3.3 Proses Pembuatan Terumbu Buatan Hexagonal.....	15
Gambar 3.4 Laboratorium Flume Tank.....	16
Gambar 3.5 <i>Control Panel</i> .....	17
Gambar 3.6 Komputer Kontrol.....	18
Gambar 3.7 <i>Wave Probe</i> .....	18
Gambar 3.8 Proses Kalibrasi <i>Wave Probe</i> .....	19
Gambar 3.9 Bentuk Konfigurasi A,B,C .....	22
Gambar 3.10 Pengujian Konfigurasi A (Tampak Samping dan Atas) .....	23
Gambar 3.11 Pengujian Konfigurasi B (Tampak Samping).....	23
Gambar 3.12 Pengujian Konfigurasi B (Tampak Atas) .....	24
Gambar 3.13 Pengujian Konfigurasi C (Tampak Samping dan Atas) .....	24
Gambar 3.14 Terumbu Buatan Kubus Berongga (Sumber : Sudoto,2008).....	25
Gambar 3.15 Terumbu Buatan <i>Hexareef</i> (Sumber : Winarto,2017) .....	25
Gambar 4.1 Kalibrasi Wave Probe .....	27
Gambar 4.2 Nilai Kalibrasi.....	28
Gambar 4.3 Nilai <i>Wave Steepness</i> .....	28
Gambar 4.4 Pengaturan <i>Wave Tide Meter</i> .....	29
Gambar 4.5 Pembacaan Gelombang <i>Wave Tide Meter</i> .....	30
Gambar 4.6 Hubungan Koefisien Transmisi dengan <i>Wave Steepness</i> .....	33
Gambar 4.7 Hubungan Koefisien Transmisi dengan Tinggi Gelombang .....	34
Gambar 4.8 Hubungan Koefisien Transmisi dengan Rasio Tinggi Susunan .....	35
Gambar 4.9 Perbandingan Pengaruh <i>Wave Steepness</i> terhadap Kt .....	37

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Konfigurasi Model.....	20
Tabel 3.2 Input Gelombang.....	20
Tabel 4.1 Nilai Kapasitansi .....	27
Tabel 4.2 Input Gelombang.....	30
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Energi Gelombang dan Koefisien Transmisi.....	31

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Daerah pesisir pantai di Indonesia saat ini banyak mengalami kerusakan ekosistem. Hal ini ditunjukkan dengan di beberapa daerah kawasan pesisir banyak yang mengalami abrasi. Kerusakan ekosistem ini terjadi karena semakin berkurangnya hutan mangrove dan terumbu karang sebagai peredam gelombang yang alami. Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) merilis data terbaru status kondisi terumbu karang Indonesia pada tahun 2017. Hasil pengamatan terbaru ini menunjukkan kondisi terumbu karang di perairan Indonesia perlu diwaspadai. Sekitar 35,15 persen terumbu karang dalam kondisi jelek, kemudian 35,06 persen dalam kondisi cukup, selanjutnya 23,40 persen dalam kondisi baik, dan hanya sekitar 6,39 persen terumbu karang yang masih dalam kondisi sangat baik. Pengamatan ini dilakukan di 108 lokasi dan 1.064 stasiun pantau diseluruh perairan Indonesia. (Republika, 2017). Kerusakan terumbu karang di berbagai pesisir di Indonesia diakibatkan eksplorasi dan eksploitasi oleh tangan-tangan yang tidak bertanggung jawab, misalnya terumbu karang yang dijadikan cinderamata dan penangkapan ikan menggunakan bahan peledak yang mengakibatkan terumbu karang hancur.

Fungsi terumbu karang dalam ekosistem laut sangat penting. Selain berguna sebagai tempat tinggal untuk biota laut juga bermanfaat untuk meredam gelombang secara alami. Namun, dengan semakin banyaknya kerusakan terumbu karang di pesisir Indonesia, maka diperlukan upaya penanggulangan dan perlindungan melalui penanaman transplantasi karang dan teknologi terumbu karang buatan untuk menggantikan fungsi dari terumbu karang yang sudah rusak.

Menurut Armono (2004), terumbu karang buatan (*artificial reefs*) merupakan sebuah benda yang digunakan untuk memberikan tempat perlindungan yang aman bagi hewan-hewan laut dan sekaligus juga meningkatkan produktifitas ikan, namun ada juga yang didesain terutama untuk mengurangi energi gelombang. Sedangkan menurut jaringan peneliti terumbu karang di Eropa (*European Artificial Reef*

*Research Network – EANRNN*) mendefinisikan terumbu buatan sebagai suatu bangunan yang sengaja dibenamkan untuk menirukan karakteristik terumbu karang.

Bentuk terumbu karang buatan sendiri terus mengalami perubahan dan perkembangan. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan fungsi terumbu karang buatan agar lebih efektif, efisien dan optimal. Beberapa desain terumbu buatan yang sudah dikembangkan antara lain *Aqua Reef* (Jepang), *Turtle Reef*, *Reef Ball*, *Ultra Ball*, *Bay Ball* (USA), *Woosung* (Korea), dan *Bottle Reef*. Dari model-model yang ada tersebut, saat ini banyak dikembangkan bentuk baru dari terumbu karang buatan, yaitu terumbu karang buatan berpenampang segi enam atau *hexagonal* atau yang dapat di sebut pula sebagai *hexareef*.

Untuk melihat fungsi terumbu karang buatan *hexagonal* secara lebih spesifik, maka diperlukan sebuah pengujian melalui penelitian untuk melihat besaran gelombang yang tereduksi serta besaran koefisien transmisi melalui beberapa konfigurasi vertikal. Oleh karena itu, penelitian tentang Transmisi Gelombang pada Terumbu Buatan Hexagonal dengan Pengaruh Konfigurasi Vertikal penting untuk dilakukan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diambil beberapa pokok permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Berapa besar energi gelombang yang tereduksi akibat konfigurasi vertikal *artificial hexareef*?
2. Berapa koefisien transmisi yang terjadi akibat pengaruh konfigurasi?
3. Konfigurasi mana yang paling efisien memberi redaman dari beberapa konfigurasi terumbu hexagonal tersebut?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui berapa energi yang tereduksi dari konfigurasi *artificial hexareef*.
2. Mengetahui nilai koefisien transmisi *hexareef* dari beberapa konfigurasi *hexareef*.
3. Mengetahui mana konfigurasi yang paling efisien untuk meredam gelombang berdasarkan nilai koefisien transmisi dan energi yang teredam.

#### **1.4 Manfaat**

1. Dapat memberikan informasi tentang daya redam gelombang dengan *submerged breakwater* bentuk hexagonal.
2. Dapat memberikan informasi tentang energi gelombang dan koefisien transmisi pada *submerged breakwater* bentuk hexagonal.
3. Dapat memberikan informasi tentang efisiensi beberapa konfigurasi *submerged breakwater* bentuk hexagonal.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan Masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Variasi tinggi dan periode gelombang telah ditentukan.
2. Model yang digunakan yaitu terumbu karang bentuk hexagonal.
3. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang *irregular*, dengan spektrum gelombang JONSWAP.
4. Dasar perairan model berupa rata, tetap dan kedap.
5. Tinggi elevasi muka air telah ditentukan.
6. Arus yang melewati struktur tidak dianalisa.
7. Tidak dilakukan analisa geometri dan kekuatan struktur.
8. Bahan yang digunakan telah ditentukan.

#### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Sistematika Penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab I dijelaskan mengenai latar belakang tentang dilakukannya penelitian ini, juga dibahas tentang perumusan masalah. Juga tertera tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian. Serta batasan-batasan masalah yang menjadi batasan acuan pengerjaan tugas akhir agar pembahasan tidak terlalu luas. Selain itu juga dijelaskan sistematika penulisan laporan untuk memudahkan pemahaman tentang susunan laporan ini.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Dalam bab II menjelaskan tentang tinjauan pustaka dan dasar teori yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian juga sebagai landasan penyelesaian tugas akhir ini.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab III menjelaskan langkah-langkah pelaksanaan penelitian untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

## **BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang bagaimana hasil analisa dari penelitian yang telah dilakukan. Serta membahas hasil pengolahan data yang nantinya akan menjawab mengapa penelitian ini dilakukan.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab V menjelaskan tentang semua jawaban dari permasalahan yang didapat dan memberikan saran untuk peneliti selanjutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Ada beberapa cara menanggulangi kerusakan pantai yang saat ini terjadi. Salah satunya adalah dengan memasang terumbu karang buatan (*Artificial Reef*). Fungsi terumbu karang buatan selain menggantikan terumbu karang yang sudah rusak, juga berfungsi sebagai bangunan pemecah gelombang ambang benam (*submerged breakwater*). Armono (1999) menyatakan bahwa terumbu karang buatan (*Artificial reefs*) adalah struktur buatan manusia semacam struktur bawah air yang meniru karakteristik terumbu alami dengan material tertentu seperti dari bahan balok beton, potongan kapal, perahu kayu, mobil bekas, dan ban bekas serta bambu.

Terjadi pergeseran paradigma rekayasa pantai dari pendekatan rekayasa secara teknis yang biasanya lugas (*hard engineering approach*) ke arah pendekatan yang lebih ramah lingkungan (*soft engineering approach*). Salah satu contohnya adalah bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) yang semula puncaknya selalu terletak di atas muka air laut (*emerged*), kini diturunkan elevasinya hingga terletak dibawah air *submerged breakwater* (Sudoto,2008).

Penggunaan peredam gelombang yang dibuat tenggelam akan dapat memperindah pemandangan di pantai karena tidak muncul dipermukaan air. Kebutuhan akan perbaikan atau perlindungan pantai sekarang akan mengarah pada perlindungan alami pantai seperti karang buatan (*artificial reefs*) yang mampu memperkecil gelombang yang tiba di pantai dan sekaligus dapat berfungsi sebagai tempat berkumpulnya ikan untuk berkembang biak dekat dengan pantai atau mangrove. Selain itu dapat menjadikan keindahan pantai tidak terusik akan adanya konstruksi yang kelihatan muncul dari permukaan laut (Simatupang dkk,2008).

Submerged breakwater memiliki kelebihan dibidang estetika, karena permukaan struktur tidak tampak pada permukaan air. Begitu pula dengan bentuknya yang menyerupai terumbu karang (Ariyanto,2011). (Azar dkk,2011) menunjukkan bahwa struktur dengan sisi lebih curam (sudut lebih besar), melewati gelombang lebih besar dibandingkan dengan sisi yang lebih landai, baik untuk kondisi puncak tenggelam maupun tidak. Secara fisik perbedaan ini dapat dijelaskan dengan efek

gesekan dasar. Energi gelombang yang berjalan sepanjang slope akan terdisipasi melalui gesekan permukaan. Sisi yang landai mempunyai panjang yang lebih besar dibandingkan dengan sisi tegak, sehingga energi gelombang akan terdisipasi lebih besar yang menyebabkan transmisi gelombang menjadi lebih kecil. Terumbu karang buatan model kubah memiliki kemampuan yang dapat menghasilkan pusaran-pusaran dan turbulensi yang menguntungkan, dan menyediakan tempat perlindungan untuk ikan. Bahwa sifat-sifat rancang bangun dari terumbu buatan yang mirip dengan karakteristik *submerged breakwater* maka terumbu buatan jenis ini dapat digunakan sebagai struktur untuk mereduksi energi gelombang (Armono, 1999).

CERC (1984) menyebutkan bahwa faktor penyebab berkurangnya energi gelombang transmisi dipengaruhi oleh karakteristik gelombang (seperti periode gelombang, tinggi gelombang, dan kedalaman gelombang), bentuk geometri struktur (lebar puncak dan *freebord*) dan kondisi /jenis bangunan penahan gelombang (permukaan struktur, dan jumlah massa air yang melewati). Selain itu bentuk silinder yang mempunyai rongga-rongga dan lubang pada selimut silinder menyebabkan material bersifat porous. Sifat material yang porous akan meredam energi gelombang dengan lebih baik, sehingga dalam penelitian ini bentuk model yang digunakan adalah bentuk silinder berongga dengan pertimbangan keunggulan yang dimiliki silinder berkenaan dengan kemampuan yang dimiliki dalam meredam energi gelombang.

Dari kajian-kajian diatas dapat diketahui bahwa teknologi terumbu karang buatan dapat digunakan sebagai pengganti peredam energi gelombang sekaligus merehabilitasi kerusakan terumbu karang alami yang bermanfaat bagi hewan laut dan sejenisnya. Namun pemanfaatan terumbu karang buatan ini cenderung untuk kawasan pantai dengan gelombang yang rendah sampai sedang dan pasang surut yang rendah.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Gelombang**

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung pada gaya pembangkitannya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut. Gelombang dapat menimbulkan

energi yang dapat membentuk garis pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan-bangunan pantai. Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena tidak linear, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random (suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode yang berbeda). Beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam (Triatmodjo, 1999). Gelombang acak tidak dapat didefinisikan menurut pola atau bentuknya, tetapi menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya.

$$E_T = \frac{1}{2} \rho g \sum a_i^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

- $E_T$  = energi total
- $\rho$  = densitas air laut
- $g$  = kecepatan gravitasi
- $a_i$  = amplitudo gelombang

Apabila gelombang mengenai suatu struktur pantai atau lokasi dasar pantai yang curam, maka energi gelombang mengalami refleksi, dissipasi dan transmisi. Menurut Massel (1996), bahwa bentuk konservasi energi gelombang di atas harus mengikuti adanya prinsip keseimbangan energi sebagai berikut:

$$E_{in} = E_{ref} + E_{tran} + E_{dis} \dots\dots\dots (2.2)$$

## 2.2.2 Transmisi Gelombang

Bagian gelombang yang dimelewati stuktur *submerged breakwater* (ditransmisikan) disebut dengan gelombang transmisi  $H_t$ . Dari persamaan di bawah ini diketahui bahwa rata-rata energi gelombang per satuan luas (densitas energi gelombang) yaitu:

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \dots\dots\dots (2.3)$$

Hal ini dapat diketahui bahwa nilai densitas energi gelombang,  $\bar{E}$  merupakan fungsi dari tinggi gelombang,  $H^2$  maka  $\sqrt{\bar{E}}$  ditentukan oleh nilai

parameter  $H$  (tinggi gelombang), dimana parameter  $H$  terdiri dari  $H_i$  yaitu tinggi gelombang datang dan  $H_t$  yaitu tinggi gelombang transmisi. Koefisien transmisi  $K_t$  merupakan fungsi dari  $H_t$  dan  $H_i$  :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan:

$K_t$  = koefisien transmisi gelombang

$H_t$  = tinggi gelombang transmisi

$H_i$  = tinggi gelombang datang

$E_t$  = energi gelombang transmisi

$E_i$  = energi gelombang datang

Dengan nilai  $K_t$  berada diantara 0 – 1, dimana 0 menunjukkan transmisi gelombangnya kecil, sedangkan 1 menunjukkan transmisi gelombangnya besar.

Beberapa studi mengenai transmisi gelombang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, baik secara model fisik, model numeris atau keduanya terhadap berbagai macam struktur *submerged breakwater* dengan berbagai macam karakteristik gelombang, tipe breakwater dan geometri struktur yang ditinjau.

Dattatri dkk (1978) menyebutkan bahwa koefisien transmisi dipengaruhi oleh kemiringan gelombang datang  $H_i/L$ , lebar puncak relatif  $B/L$ , kedalaman relatif  $d/L$ , dan dipengaruhi oleh porositas struktur *submerged breakwater*. Dalam penelitian ini pengujian hanya menggunakan jenis gelombang reguler sehingga perlu untuk diketahui lebih lanjut mengenai pengaruh jenis gelombang irreguler terhadap transmisi gelombang.

Seabroks (1997), melakukan pengujian model fisik terhadap *submerged rubble mound breakwater* dengan memperbanyak variasi *crest width*, *free board*, kedalaman air serta tinggi gelombang datang. Hasil penelitian diantaranya menunjukkan bahwa koefisien transmisi gelombang sangat dipengaruhi oleh kedalaman relatif (*relative submergence*),  $ds/H_i$ . Koefisien transmisi juga akan meningkat apabila ambang/puncak bangunan  $B$  cukup lebar.

### 2.2.3 Energi Gelombang

Jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang disebut energi total gelombang. Energi kinetik yaitu energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air dikarenakan adanya gerak gelombang. Energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang disebut energi potensial. Besar energi dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

Energi kinetik total :

$$Ek = \int_0^L \int_{-d}^0 \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2) dy dx \dots\dots\dots (2.5)$$

Jika di subsitusikan menjadi :

$$Ek = \frac{\rho}{2} \int_0^L \int_{-d}^0 \left[ \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sin kd} \cos(kx - \sigma t) \right]^2 + \left[ \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sin kd} \cos(kx - \sigma t) \right]^2 dy dx \dots (2.6)$$

$$Ek = \frac{\rho g H^2 L}{16} \dots\dots\dots (2.7)$$

Jika energi potensial dari gelombang dikurangi dengan energi potensial dari massa air diam, maka didapat energi potensial yang disebabkan oleh gerak gelombang. Dengan menggunakan dasar laut sebagai bidang referensi, energi potensial yang ditimbulkan oleh satu panjang gelombang tiap satuan lebar puncak gelombang  $Ep$  adalah :

$$Ep = \int_0^L \rho g (d + \eta) \left( \frac{d+\eta}{2} \right) dx - \rho g L d \left( \frac{d}{2} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\eta = a \cos(kx - \sigma t) \dots\dots\dots (2.9)$$

Substitusi persamaan diatas menjadi :

$$Ep = \frac{\rho g H^2 L}{16} \dots\dots\dots (2.10)$$

Jadi energi kinetik dan energi potensial adalah sama, dan energi total tiap satuan lebar adalah :

$$E = Ep + Ek = \frac{\rho g H^2 L}{8} \dots\dots\dots (2.11)$$

Energi gelombang berubah dari satu titik ke titik lain dengan satu panjang gelombang, rerata energi per satuan luas adalah :

$$E = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

$E_k$  : Energi kinetik total (Newton)

$E_p$  : Energi potensial (Newton)

$E$  : Energi total (Newton)

$k$  : Angka gelombang ( $2\pi/L$ )

$\sigma$  : Frekuensi gelombang ( $2\pi/T$ )

$\eta$  : Fluktuasi muka air (m)

$\rho$  : Rapat massa air laut ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  : Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$u$  : Kecepatan partikel horizontal (m/s)

$v$  : Kecepatan partikel vertikal (m/s)

$x$  : Jarak horizontal (m)

$y$  : Jarak vertikal titik ditinjau terhadap muka air diam (m)

$L$  : Panjang gelombang (m)

$H$  : Tinggi gelombang (m)

$T$  : Periode gelombang (s)

$t$  : Waktu (s)

#### 2.2.4 Pemodelan Fisik

Pengamatan atau percobaan yang dilakukan dengan membuat bentuk lebih kecil di laboratorium dikenal dengan nama studi model. Dengan dibuatnya suatu model, maka akan dapat diprediksikan kelakuan suatu konstruksi yang akan dibangun.

Konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototip dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototip. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik (Yuwono, 1994).

Studi model harus memperhatikan proses fisik yang akan dimodelkan, sehingga kejadian yang ada di model sebangun dengan yang ada di prototip. Kesebangunan tersebut meliputi sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik (Hughes, 1993).

#### 2.2.4.1 Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik dipenuhi apabila model dan prototip mempunyai bentuk yang sama tetapi berbeda ukuran. Hal ini berarti bahwa perbandingan antara semua ukuran panjang adalah sama. Ada dua macam sebangun geometrik yaitu sebangun geometrik sempurna dan sebangun geometrik dengan distorsi (*distorted*). Pada sebangun geometri sempurna skala panjang arah horizontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted model* skala panjang tidak sama dengan skala tinggi. Skala panjang pada umumnya diberi notasi  $n_L$ , sedangkan skala tinggi  $n_h$  :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots (2.14)$$

dengan:

$n_L$  = skala panjang

$L_p$  = panjang pada prototip

$L_m$  = panjang pada model

$h_p$  = panjang pada prototip

$h_m$  = panjang pada model

#### 2.2.4.2 Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dengan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototip pada arah yang sama adalah sama besar. Skala kecepatan diberi notasi  $n_u$ , skala percepatan  $n_a$ , skala debit  $n_Q$ , dan skala waktu  $n_T$ , didefinisikan sebagai berikut :

$$n_u = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \text{ atau } \frac{n_h}{n_T} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_{T^2}} \text{ atau } \frac{n_L}{n_{T^2}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T} \text{ atau } \frac{n_L^{3n_h}}{n_T} \dots\dots\dots (2.17)$$

#### 2.2.4.3 Sebangun Dinamik

Untuk menentukan skala model dalam hubungannya dengan kesebangunan dinamik, maka dipilih gaya-gaya yang penting saja. Beberapa sebangun dinamik yaitu sebangun dinamik Reynold (Reynold number) yang diekspresikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek, sebangun dinamik Froude (Froude Number) yaitu perbandingan gaya inersia dan gravitasi, bilangan Cauchy (Chaucy Number) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya elastik serta bilangan Weiber (Weiber Number) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya tegangan permukaan.

$$\text{- Gaya inersia : } F_1 = M \cdot a = \rho L^3 \cdot \frac{L}{T^2} = \rho U^2 \cdot L^2 \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\text{- Gaya tekanan : } F_p = \rho \cdot A = \rho \cdot L^2 \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\text{- Gaya Berat : } F_w = M \cdot g = \rho L^3 \cdot g \dots\dots\dots (2.20)$$

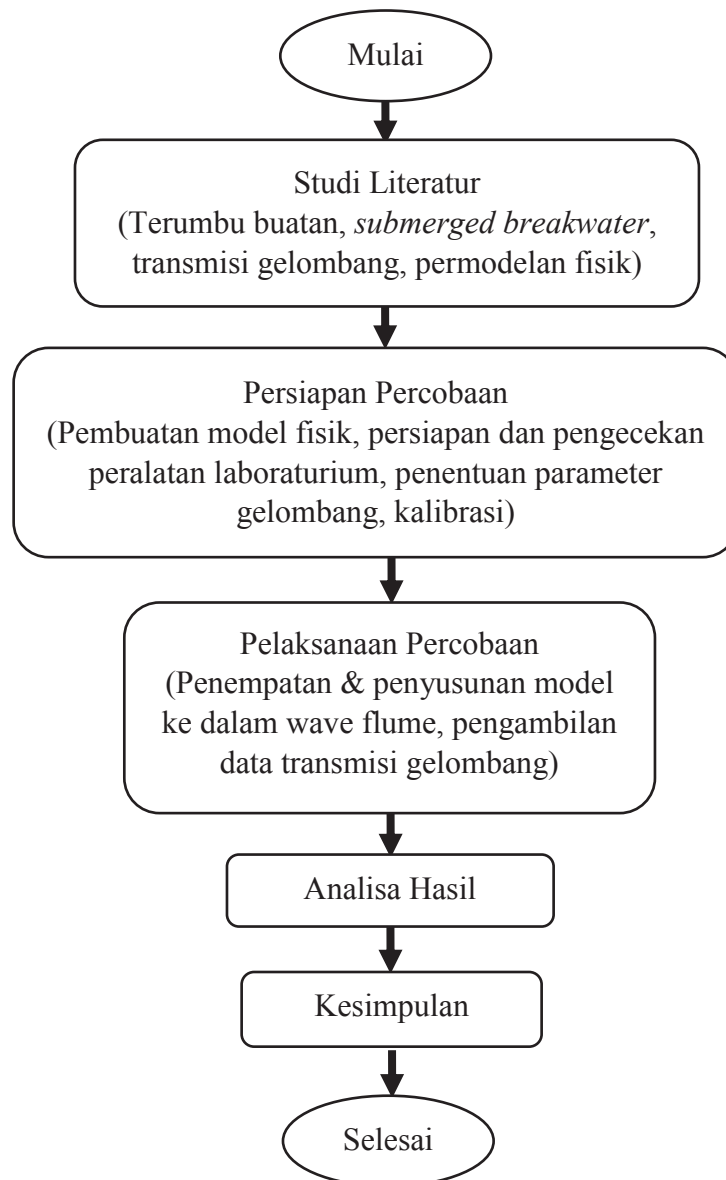


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Adapun urutan pengerjaan atau diagram alir dalam penelitian serta penulisan laporan tugas akhir ini yaitu pada gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

## 3.2 Prosedur Penelitian

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Langkah – langkah yang dilakukan merupakan penjelasan dari diagram alir diatas, antara lain:

### 3.2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan mulai mengumpulkan dan mempelajari refrensi tentang topik penelitian diantaranya jurnal, tugas akhir, buku dan lain lain. Agar dapat mempunyai pemahaman lebih tentang apa yang dilakukan pada penelitian ini. Dalam studi literatur dapat disusun suatu rancangan penelitian dan metode pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

### 3.2.2 Persiapan Percobaan

#### 3.2.2.1 Pembuatan Model Fisik

Penelitian ini dilakukan dengan model fisik, karena model fisik diasumsikan lebih dapat mendekati dengan kenyataan sesungguhnya di lapangan. Model fisik terumbu karang ini berbentuk hexagonal yang dilakukan dengan prinsip sebangun geometrik *undistorsed*, sehingga skala panjang arah horizontal sama dengan skala panjang arah vertikal. Maka ukuran skala model yang di dapat adalah 1 : 10. Berikut adalah syarat sebangun geometrik dan dimensi dari model :

Skala Panjang

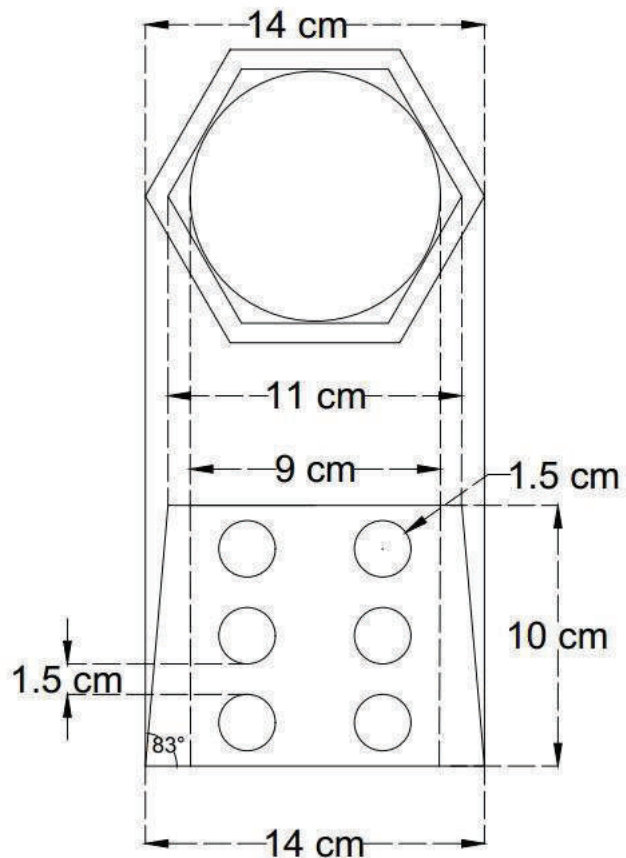
$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \qquad n_L = \frac{150}{15}$$
$$n_L = 10$$

Dengan :

$n_L$  = skala panjang

$L_p$  = panjang pada prototip

$L_m$  = panjang pada model



Gambar 3.2 Model Terumbu Buatan Hexagonal



Gambar 3.3 Proses Pembuatan Terumbu Buatan Hexagonal

Gambar 3.2 merupakan kurun dari terumbu buatan bentuk hexagonal yaitu dengan tinggi struktur 10 cm, diameter bawah 14 cm dan diameter atas 9 cm. Terumbu hexagonal ini diberi 6 buah lubang dengan diameter 2,5 cm dan jarak antar lubang 1,5 cm. Gambar 3.3 adalah proses pembuatan terumbu buatan bentuk

hexagonal. Bahan yang digunakan dari terumbu buatan ini adalah perbandingan pasir dan semen 3 : 1, dan satu sendok makan alkasit setiap adonan semen.

### 3.2.2.2 Persiapan dan Pengecekan Peralatan Laboratorium

Sebelum melakukan penelitian beberapa peralatan di laboratorium harus disiapkan dan dicek terlebih dahulu. Beberapa diantaranya termasuk pemasangan *wave probe*, pengecekan *wave generator*, dan air yang ada di flume tank.

#### 1. Flume Tank

Peralatan yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah *wave flume* dengan ukuran panjang 25 m dan lebar 2 m ilustrasi pada gambar 3.4. Pembangkit gelombang adalah tipe plunger, gelombang yang mampu dibangkitkan yaitu berupa gelombang irregular dan regular. Namun pada penelitian ini hanya menggunakan gelombang irregular. Selain itu laboratorium *Flume Tank* juga mampu membangkitkan angin dan arus, akan tetapi pada penelitian ini hanya meneliti tentang gelombang saja.



Gambar 3.4 Laboratorium Flume Tank

#### 2. Pembangkit Gelombang

Pembangkit gelombang atau *wave generator* adalah alat yang berfungsi untuk membuat gelombang buatan. Pembangkit gelombang sendiri diaktifkan melalui *control panel* dapat dilihat pada gambar 3.5, untuk tinggi gelombang dan periode dapat diatur sesuai kebutuhan penelitian yang dioperasikan pada komputer kendali. Pembangkit gelombang ini adalah tipe plunger, sedangkan yang dihasilkan

dari alat ini adalah gelombang *irregular* dan *regular*. Spektrum yang dapat dihasilkan dari pembangkit gelombang ini juga bermacam – macam diantaranya yang sering dipakai yaitu Jonswap, Pierson Moskowitz, ITTC. Namun untuk penelitian ini hanya menggunakan gelombang irregular dan spektrum Jonswap.



Gambar 3.5 *Control Panel*

### 3. Komputer Kontrol

Komputer control digunakan untuk input gelombang yang akan dibangkitkan oleh *wave generator*. Tidak hanya input gelombang, untuk arus, angin dan spektrum gelombang juga diatur melalui komputer control, ilustrasi terdapat pada gambar 3.6.

Beberapa spesifikasi dari komputer yang digunakan adalah :

- Type : Desk-top
- CPU : Pentium (266MHz)
- RAM : 64 MB
- Hard Disk : 3 GB
- CRT : 14 inch
- Expanded Slot : two
- CD-ROM : one
- Floppy Disk Drive: 3,5 inch. 1,4 MB
- Software System : Windows 95, MS-DOS Version 6.2



Gambar 3.6 Komputer Kontrol

#### 4. *Wave Probe*

*Wave probe* merupakan alat pengukur tinggi gelombang, apabila alat tersebut tercelup kedalam air maka sensor pada senar tersebut mengukur konduktivitas volume air. Konduktivitas tersebut berubah secara proposional sesuai dengan elevasi muka air. Nilai yang ditangkap oleh *wave probe* ini berupa kapasitansi, dan output yang didapatkan dari alat ini berupa millimeter. Gambar 3.7 merupakan gambar dari *wave probe* beserta amplifier, yang mampu merekam data gelombang sampai dengan 100 data per detiknya.



Gambar 3.7 *Wave Probe*

#### 3.2.2.3 Penentuan Parameter Gelombang

Penentuan parameter gelombang yaitu menentukan parameter yang akan digunakan dan dianalisa untuk hasil percobaan. Adapun parameter yang digunakan, sebagai berikut :

- Tinggi gelombang (H)



- Periode gelombang (T)
- Elevasi muka air (d)
- Tinggi struktur (h)

#### 3.2.2.4 Kalibrasi Laboratorium

Untuk mendapatkan keakurasian yang tinggi pada proses pengamatan model, perlu dilakukan kegiatan kalibrasi. Kalibrasi adalah kegiatan untuk mengontrol dan mencocokkan skala bacaan suatu alat ukur dengan besaran yang diukur. Berbeda dengan wave probe sebelumnya, *wave probe* yang digunakan pada penelitian ini sudah menggunakan amplifier dan software water tide meter. Output dari *water tide meter* adalah berupa angka dalam satuan meter.

Kalibrasi pada wave probe kali ini berbeda dengan kalibrasi pada *wave probe* yang lama. Kalibrasi hanya untuk membuat range kapasitansi yang akan di rekam oleh *wave probe*. Kalibrasi dilakukan dengan cara memberi tanda pada besi *wave probe*, dengan jarak yang ditandai adalah setiap 10 cm dari ujung bawah probe sampai sejauh 80 cm ke bagian atas probe yang nantinya dapat kita ketahui nilai kapasitansinya. Nilai kapasitansi dapat dilihat melalui *software Water Tide Meter*. Setelah mendapatkan nilai kapasitansi, nilai minimum pada titik 0 cm dan nilai maksimum pada titik 80 cm dimasukan dalam software *Water Tide Meter*. Gambar proses kalibrasi dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Proses Kalibrasi *Wave Probe*

### 3.2.3 Penempatan dan Penyusunan Model

Penyusunan model akan disusun sesuai konfigurasi yang akan diteliti. Susunan yang diteliti pada penelitian ini yaitu disusun secara vertikal, dan lebar puncak pada masing – masing susunan yaitu sama, ukuran struktur setiap konfigurasi dapat dilihat pada tabel 3.1. Konfigurasi yang sudah disusun akan diuji dengan beberapa variasi tinggi gelombang dan periode gelombang yang telah ditentukan.

Tabel 3.1 Konfigurasi Model

Susunan	Kode Konfigurasi	Freeboard (m)	Lebar Puncak (m)	Tinggi Struktur (m)
		F	B	h
1	A	0,20	0,25	0,1
2	B	0,10	0,25	0,2
3	C	0,0	0,25	0,3

Tabel 3.2 merupakan beberapa tinggi dan periode gelombang yang akan di input pada setiap pengujian susunan konfigurasi. Durasi pengujian sepanjang 180 detik dengan tipe gelombang irregular.

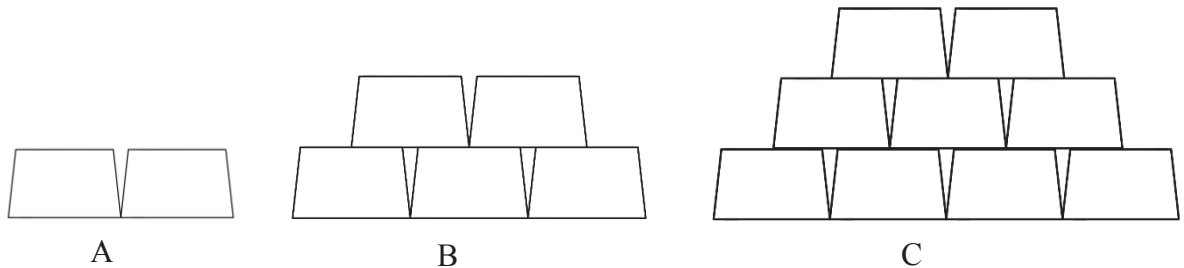
Tabel 3.2 Input Gelombang

No	Konfigurasi	Tipe Gelombang	Tinggi Gelombang (m)	Periode (Detik)	Durasi (Detik)
			H	T	
1	A	Irregular	0,02	1,1	180
		Irregular	0,03	1,1	180
		Irregular	0,04	1,1	180
		Irregular	0,05	1,1	180
		Irregular	0,02	1,2	180
		Irregular	0,03	1,2	180
		Irregular	0,04	1,2	180
		Irregular	0,05	1,2	180
		Irregular	0,06	1,2	180
		Irregular	0,07	1,2	180
		Irregular	0,04	1,3	180
		Irregular	0,05	1,3	180
		Irregular	0,02	1,4	180
		Irregular	0,04	1,4	180
		Irregular	0,05	1,4	180



No	Konfigurasi	Tipe Gelombang	Tinggi Gelombang (m)	Periode (Detik)	Durasi (Detik)
			H	T	
2	B	Irregular	0,02	1,1	180
		Irregular	0,03	1,1	180
		Irregular	0,04	1,1	180
		Irregular	0,05	1,1	180
		Irregular	0,02	1,2	180
		Irregular	0,03	1,2	180
		Irregular	0,04	1,2	180
		Irregular	0,05	1,2	180
		Irregular	0,06	1,2	180
		Irregular	0,07	1,2	180
		Irregular	0,04	1,3	180
		Irregular	0,05	1,3	180
		Irregular	0,02	1,4	180
		Irregular	0,04	1,4	180
		Irregular	0,05	1,4	180
3	C	Irregular	0,02	1,1	180
		Irregular	0,03	1,1	180
		Irregular	0,04	1,1	180
		Irregular	0,05	1,1	180
		Irregular	0,02	1,2	180
		Irregular	0,03	1,2	180
		Irregular	0,04	1,2	180
		Irregular	0,05	1,2	180
		Irregular	0,06	1,2	180
		Irregular	0,07	1,2	180
		Irregular	0,04	1,3	180
		Irregular	0,05	1,3	180
		Irregular	0,02	1,4	180
		Irregular	0,04	1,4	180
		Irregular	0,05	1,4	180

Gambar 3.8 dibawah ini adalah bentuk susunan konfigurasi. Konfigurasi A dengan susunan paling rendah 1 tingkat terumbu buatan tinggi struktur 10 cm, konfigurasi B dengan 2 tingkat terumbu buatan tinggi struktur 20 cm. Konfigurasi C dengan 3 tingkat terumbu buatan dan tinggi struktur 30 cm.



Gambar 3.9 Bentuk Konfigurasi A,B,C

#### 3.2.4 Pelaksanaan Percobaan

Model disusun dan diletakan pada laboratorium sesuai dengan konfigurasi, maka pengujian bisa dilaksanakan. Masing - masing konfigurasi akan dilakukan tahap pengujian sebanyak 15 kali pada tinggi gelombang dan periode yang berbeda, dengan durasi gelombang 180 detik. Pengukuran data gelombang diambil dengan menggunakan *wave probe* yang diletakan 2,1 m sebelum struktur untuk menghitung tinggi gelombang datang (Hi). Menurut metode Goda (1985), penentuan letak *wave probe* pada gelombang datang ini di ukur sesuai dengan satu panjang gelombang dari struktur terdepan, hal ini supaya *wave probe* tidak terpengaruh gelombang pantul dari struktur itu sendiri. Berikut persamaan untuk menentukan panjang gelombang menggunakan periode terbesar  $T = 1,4$  detik dan kedalaman air  $d = 0,3$  m :

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56 T^2 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$L_0 = \frac{9,81 (1,4)^2}{2 (3,14)} = 1,56 (1,4)^2 \dots\dots\dots (3.2)$$

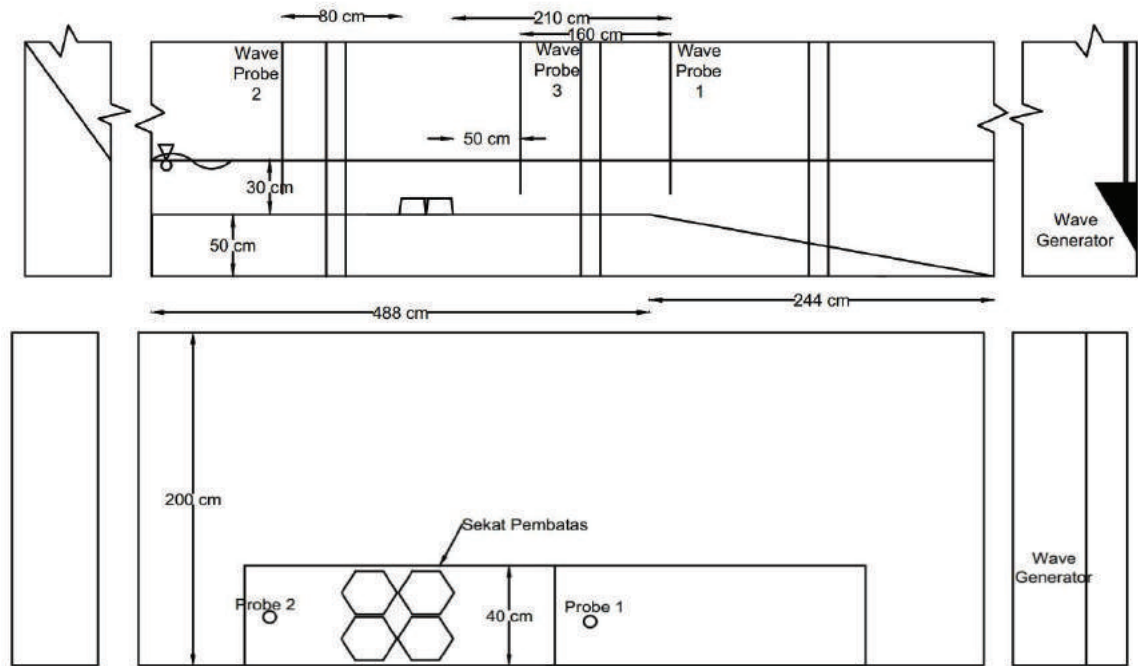
$$L_0 = 3,057 \text{ m} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{0,3}{3,057} = 0,0981 \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\frac{d}{L} = 0,13924 + \frac{0,0001}{0,001} (0,14011 - 0,13924) = 0,13932 \dots\dots\dots (3.5)$$

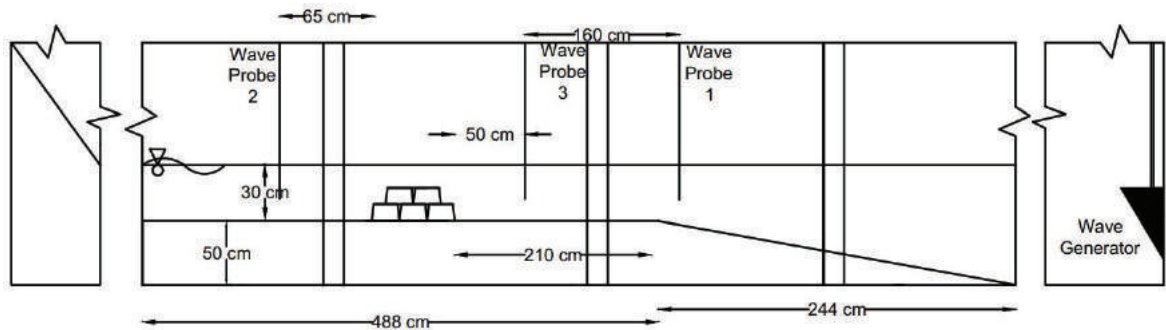
$$L = \frac{0,3}{0,13932} = 2,1 \text{ m} \dots\dots\dots (3.6)$$

Probe selanjutnya berjarak 50 cm setelah struktur untuk menghitung tinggi gelombang transmisi (Ht). Gambar 3.10 merupakan gambaran proses pengujian konfigurasi A tampak atas dan tampak samping, dengan tinggi struktur 10 cm, elevasi air 30 cm dari platform.

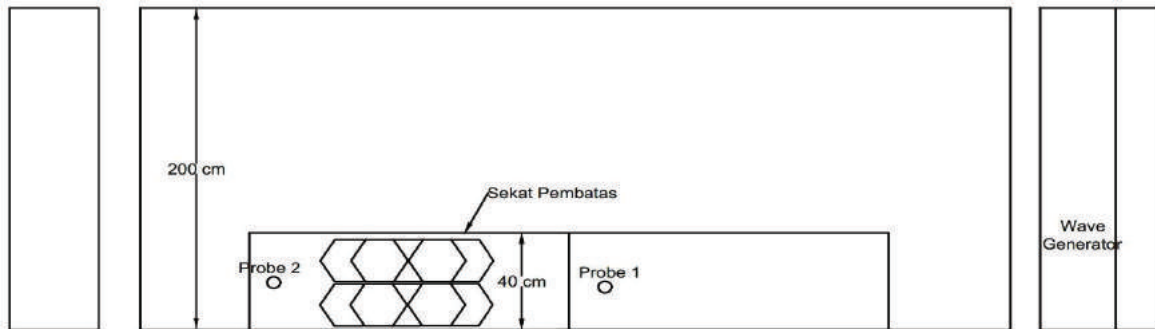


Gambar 3.10 Pengujian Konfigurasi A (Tampak Samping dan Atas)

Gambar 3.11 dan gambar 3.12 dibawah ini adalah proses pengujian konfigurasi B dengan tinggi struktur 20 cm, elevasi air 30 cm dari platform dan jarak *wave probe* dibelakang struktur yaitu 65 cm. Susunan konfigurasi ini berjumlah dua tumpuk dengan 10 model terumbu buatan hexagonal.

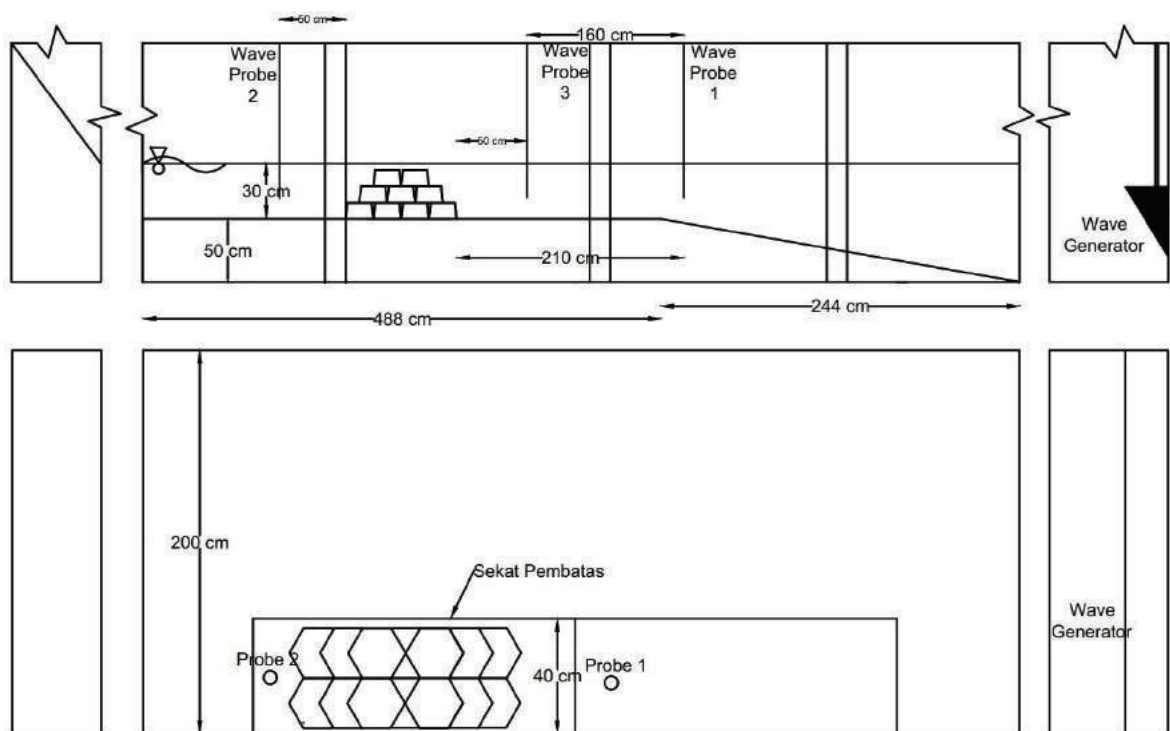


Gambar 3.11 Pengujian Konfigurasi B (Tampak Samping)



Gambar 3.12 Pengujian Konfigurasi B (Tampak Atas)

Gambar 3.13 adalah gambaran proses pengujian susunan konfigurasi C, dengan tinggi susunan 30 cm dan elevasi air 30 cm. Struktur ini merupakan susunan konfigurasi tertinggi dan tinggi struktur menyentuh rata – rata air. Jarak *wave probe* untuk merekam gelombang transmisi adalah sepanjang 50 cm dari struktur paling belakang.

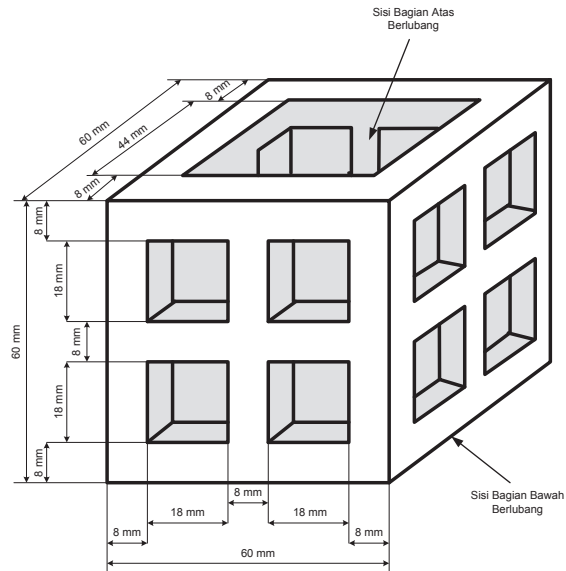


Gambar 3.13 Pengujian Konfigurasi C (Tampak Samping dan Atas)

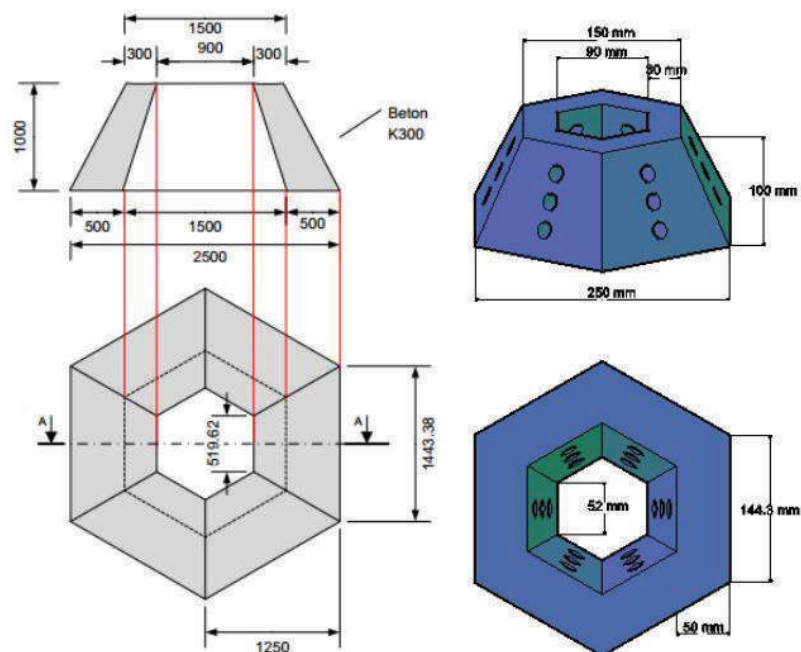
### 3.2.5 Analisa Hasil

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran akan dianalisa sesuai dengan persamaan – persamaan pada dasar teori untuk mendapatkan koefisien transmisi. Hasil perhitungan akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Ploting grafik

akan dibandingkan dengan hasil studi terumbu buatan sebelumnya, ada dua pembandingan dalam penelitian ini yaitu terumbu buatan bentuk kubus Sudoto (2008) dan terumbu buatan hexareef Winarto (2017). Gambar 3.14 berikut adalah bentuk terumbu buatan studi sebelumnya :



Gambar 3.14 Terumbu Buatan Kubus Berongga (Sumber : Sudoto,2008)

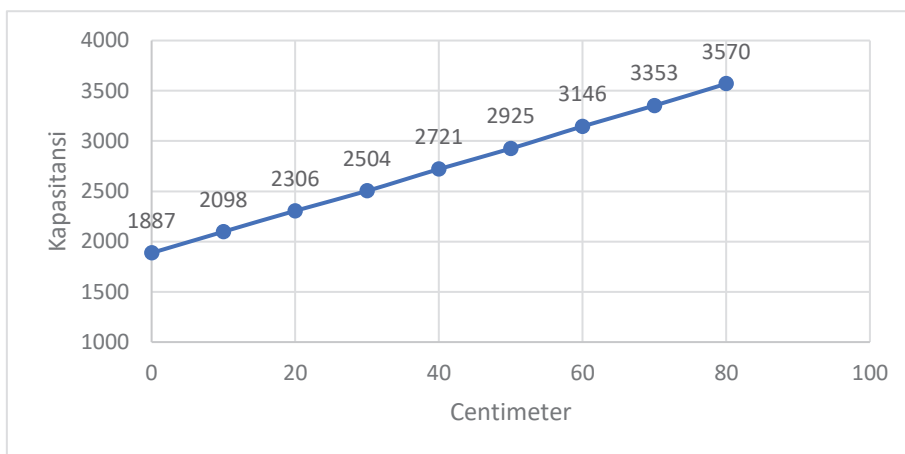


Gambar 3.15 Terumbu Buatan *Hexareef* (Sumber : Winarto,2017)

### **3.2.6 Kesimpulan**

Hasil analisa didapatkan koefisien transmisi dan energi gelombang yang teredam, yang akan dibandingkan sesuai dengan masing – masing konfigurasi. Untuk itu nantinya akan diketahui susunan konfigurasi terumbu buatan mana yang paling baik dalam meredam gelombang dan berapa energi persen energi terbesar yang diredam oleh struktur terumbu buatan hexagonal.



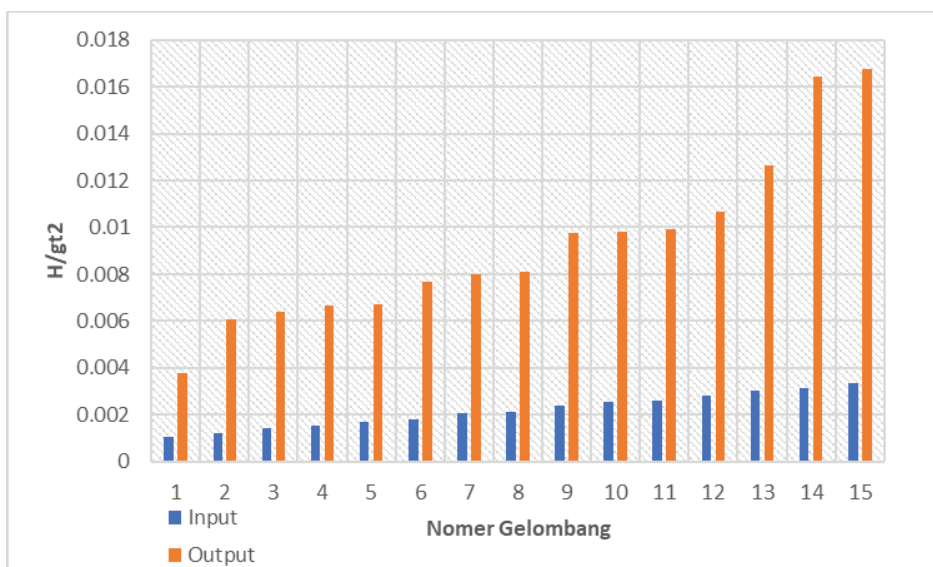


Gambar 4.2 Nilai Kalibrasi

#### 4.1.2 Penentuan Input Gelombang

Input gelombang ditentukan dengan cara menghitung *wave steepness* terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar nilai dari grafik hasil akhir menyebar tidak mengumpul disalah satu sisi. Gelombang yang akan dibangkitkan dipilih dari nilai *wave steepness* yang berkisar antara 0,001 – 0,01. Dimana juga dilihat kemampuan alat dari laboratorium energi sendiri hanya mampu membangkitkan tinggi gelombang 7 cm dan periode 1,4 detik untuk gelombang irregular. Gelombang yang akan di uji sejumlah 15 gelombang dan periode, pada gambar 4.3 merupakan perbandingan antara input dan output gelombang dengan hasil *wave steepness*. Tinggi dan periode gelombang dapat dilihat pada tabel 4.2. Untuk mencari nilai *wave steepness* menggunakan rumus dibawah ini :

$$\text{Wave steepness} = \frac{H_s}{gT^2} \dots\dots\dots (4.1)$$

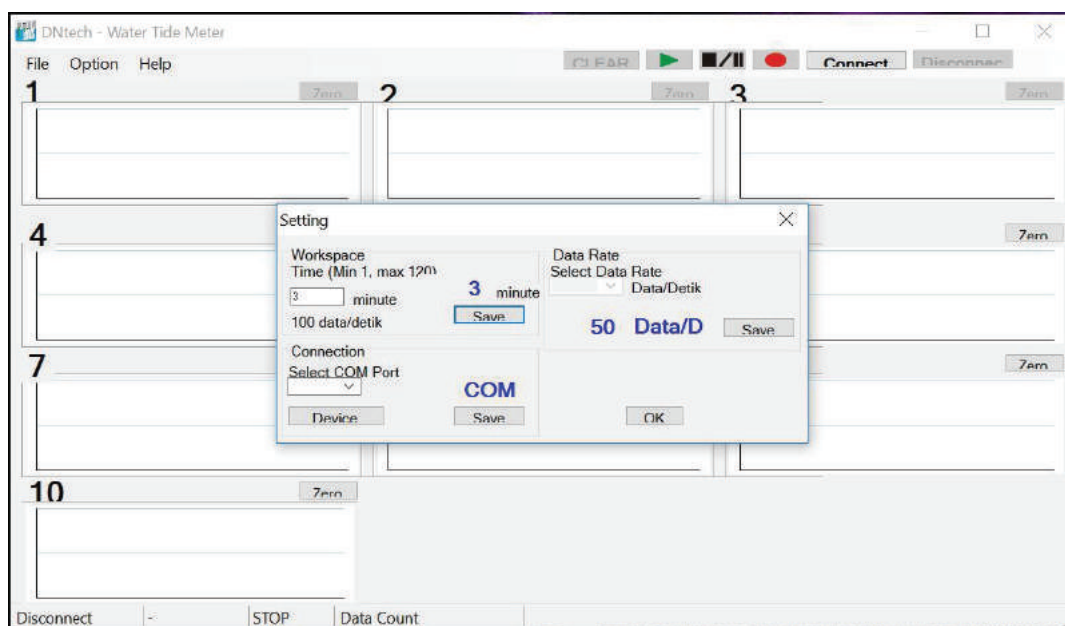


Gambar 4.3 Nilai *Wave Steepness*

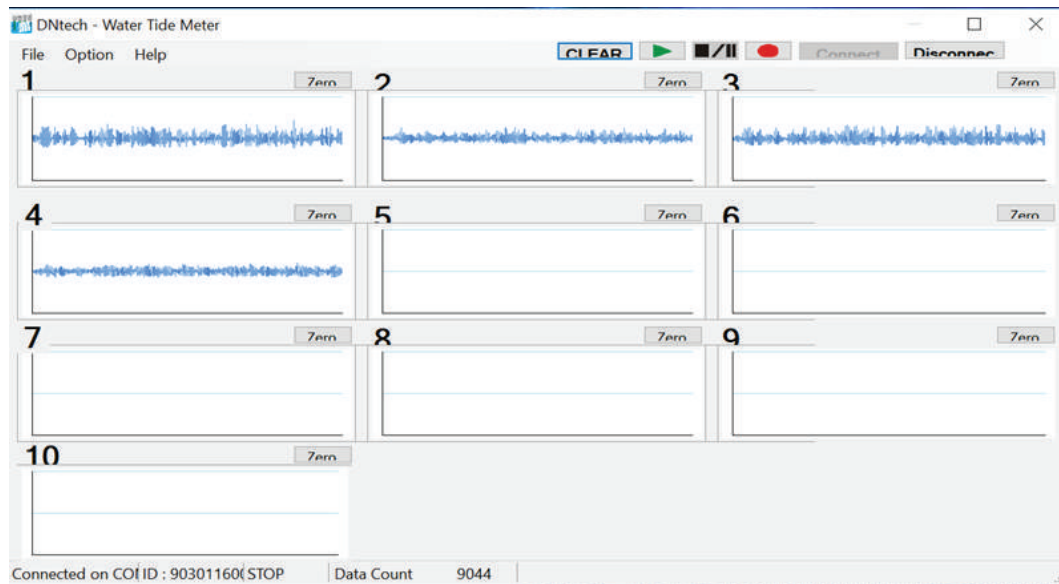


### 4.1.3 Pengambilan Data

Sebelum proses pengolahan data, yang harus dilakukan yaitu mengenai berapa lama proses pengujian gelombang akan dilakukan. Durasi pengujian gelombang dapat diatur pada *work space* yang tertera pada software *Wave Tide Meter*. Pengujian ini dilakukan dengan durasi sepanjang 180 detik. Sebelum proses pengujian dimulai, klik tombol *connect* pada software untuk mengaktifkan *wave probe*. Ketika mesin *wave maker* dinyalakan, dan gelombang sudah mulai berjalan maka yang dilakukan selanjutnya adalah merekam gelombang dengan mengeklik tombol *record*. Software *Water Tide Meter* akan berhenti otomatis dan mengeluarkan pemberitahuan ketika proses pengambilan data gelombang sudah mencapai 180 detik. Gambar pengaturan *work space* dapat dilihat pada gambar 4.4. Data yang didapat dari *Wave Probe* langsung dapat diolah karena output yang dikeluarkan oleh *software Water Tide Meter* berupa format \*CSV dengan satuan milimeter yang dapat dibuka melalui Microsoft Excel. Gambar 4.5 adalah proses pembacaan gelombang saat pengujian berlangsung.



Gambar 4.4 Pengaturan *Wave Tide Meter*



Gambar 4.5 Pembacaan Gelombang *Water Tide Meter*

#### 4.1.4 Gelombang Tercatat

Tinggi dan periode gelombang yang dihasilkan oleh *Wave Maker* akan berbeda dengan tinggi gelombang yang di inputkan di *Wave Maker* pada gelombang irreguler, hal ini mungkin terjadi karena mesin yang udah tua dan ditambah biaya perawatan yang mahal. tabel 4.1 dibawah ini adalah tabel input dan output gelombang .

Tabel 4.2 Input Gelombang

Nomer Gelombang	Input <i>Wave Maker</i>		Output <i>Wave Probe</i>	
	Hi (m)	T (s)	Hi (m)	T (s)
1	0,02	1,1	0,05	0,89
2	0,03	1,1	0,07	1,04
3	0,04	1,1	0,11	1,18
4	0,05	1,1	0,12	0,98
5	0,02	1,2	0,05	0,89
6	0,03	1,2	0,08	1,18
7	0,04	1,2	0,12	1,24
8	0,05	1,2	0,13	1,18
9	0,06	1,2	0,16	0,98
10	0,07	1,2	0,16	0,98
11	0,04	1,3	0,12	1,11
12	0,05	1,3	0,15	1,18
13	0,02	1,4	0,06	1,24
14	0,04	1,4	0,12	1,24
15	0,05	1,4	0,15	1,24

#### 4.1.5 Perhitungan

##### 4.1.5.1 Perhitungan Energi Gelombang

Energi total gelombang merupakan jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik disebabkan oleh kecepatan partikel air sedangkan energi potensial merupakan energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang (Triatmodjo, 1999). Tabel perhitungan energi gelombang dapat dilihat pada tabel 4.3 Berikut adalah rumusan energi gelombang rerata satu satuan luas adalah :

$$E = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \dots\dots\dots (4.2)$$

##### 4.1.5.2 Perhitungan Koefisien Transmisi

Koefisien trasnmisi gelombang dapat dihitung melalui dibawah ini :

$$Kt = \frac{Ht}{Hi} \dots\dots\dots (4.3)$$

Perhitungan koefisien transmisi dapat dilihat pada tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Energi Gelombang dan Koefisien Transmisi

Konfigurasi	Output				Energi Datang (Joule)	Energi Transmisi (Joule)	Energi Hilang (Joule)	Persen Energi Hilang	Kt
	Hi (m)	T (s)	Ht (m)	T (s)					
A	0,05	0,89	0,04	1,04	3,04	2,36	0,68	22,47	0,88
	0,07	1,04	0,06	0,85	6,24	4,86	1,39	22,23	0,88
	0,11	1,18	0,09	1,11	14,82	8,88	5,94	40,08	0,77
	0,12	0,98	0,09	1,11	17,58	11,05	6,54	37,19	0,79
	0,05	0,89	0,05	1,11	3,29	2,63	0,67	20,25	0,89
	0,08	1,18	0,07	1,11	8,64	5,88	2,75	31,89	0,83
	0,12	1,24	0,09	1,11	16,55	10,05	6,51	39,31	0,78
	0,13	1,18	0,10	1,11	22,01	13,32	8,69	39,46	0,78
	0,16	0,98	0,12	1,15	31,05	17,36	1,69	44,10	0,75
	0,16	0,98	0,12	1,13	29,89	17,46	12,43	41,58	0,76
	0,12	1,11	0,10	1,11	17,30	11,65	5,65	32,64	0,82
	0,15	1,18	0,11	1,09	26,44	15,78	10,66	40,32	0,77
	0,06	1,24	0,05	1,35	3,96	2,71	1,25	31,48	0,83
	0,12	1,24	0,10	1,09	18,32	11,78	6,54	35,68	0,80
	0,15	1,24	0,11	1,09	27,50	15,22	12,28	44,64	0,74

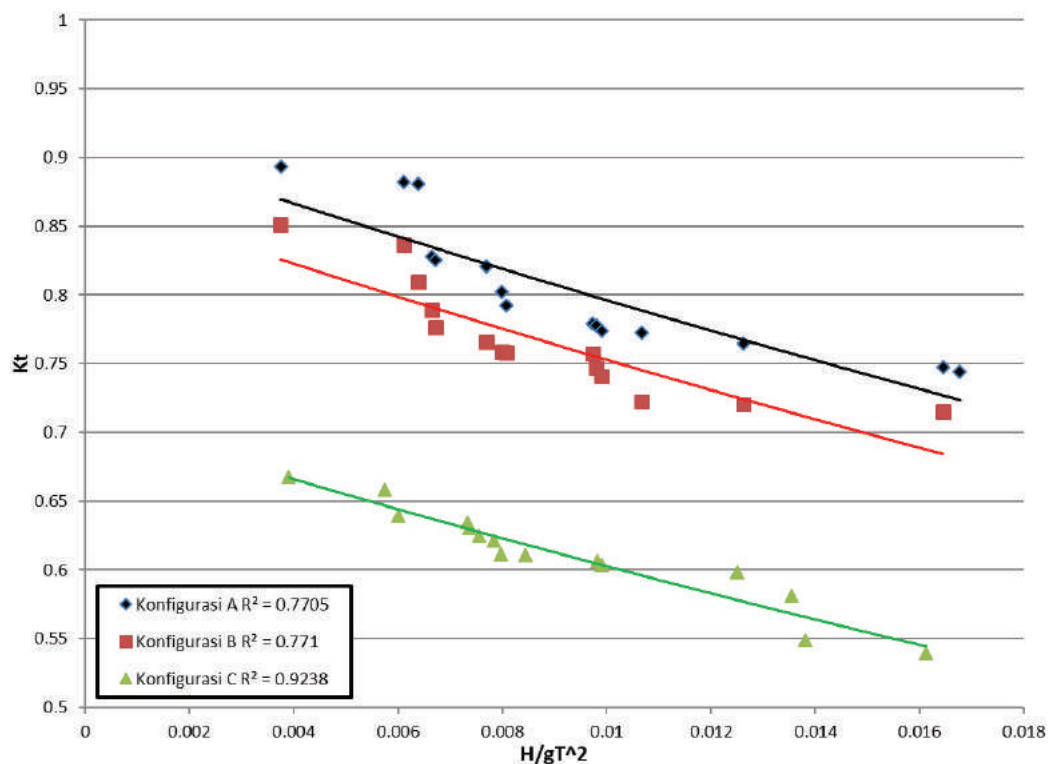
Konfigurasi	Output Wave Probe				Energi Datang (Joule)	Energi Transmisi (Joule)	Energi Hilang (Joule)	Persen Energi Hilang	Kt
	Hi (m)	T (s)	Ht (m)	T (s)					
B	0,05	0,98	0,05	1,1	3,30	2,57	0,73	22,20	0,88
	0,08	0,89	0,06	0,83	7,51	4,41	3,11	41,34	0,77
	0,11	1,18	0,09	1,11	1,52	9,35	6,17	39,74	0,78
	0,13	1,18	0,09	1,11	1,53	9,99	9,54	48,85	0,72
	0,06	0,95	0,05	1,04	3,73	2,70	1,03	27,57	0,85
	0,08	1,08	0,07	1,08	8,85	5,80	3,05	34,46	0,81
	0,12	1,08	0,09	1,11	17,12	9,55	7,57	44,21	0,75
	0,12	1,18	0,09	1,11	17,78	9,76	8,02	45,12	0,74
	0,16	1,17	0,11	1,11	29,48	15,40	14,08	47,77	0,72
	0,16	1,11	0,11	1,11	29,99	15,58	14,41	48,06	0,72
	0,12	1,17	0,09	1,17	17,18	10,70	6,48	37,71	0,79
	0,14	1,18	0,11	1,09	24,96	14,35	10,61	42,50	0,76
	0,05	1,22	0,05	1,35	3,67	2,57	1,10	30,03	0,84
	0,11	1,24	0,09	1,31	15,80	9,07	6,74	42,63	0,76
	0,14	1,24	0,11	1,09	25,10	14,45	10,64	42,42	0,76
C	0,05	0,89	0,03	1,11	2,68	0,91	1,78	66,20	0,58
	0,7	0,98	0,04	1,08	5,93	2,21	3,72	62,67	0,61
	0,11	1,22	0,06	1,11	14,38	4,33	10,05	69,89	0,55
	0,11	0,96	0,07	1,05	15,83	5,82	10,01	63,21	0,61
	0,06	1,00	0,04	1,08	3,90	1,57	2,33	59,72	0,63
	0,08	1,04	0,05	1,04	8,80	3,50	5,30	60,24	0,63
	0,12	1,18	0,07	1,11	16,53	6,02	10,51	63,56	0,60
	0,13	0,96	0,08	1,11	19,29	7,53	11,76	60,96	0,62
	0,15	0,98	0,08	1,11	28,71	8,35	20,36	70,91	0,54
	0,16	1,11	0,10	1,11	33,02	12,74	20,28	61,42	0,62
	0,12	1,24	0,08	1,11	17,20	7,45	9,75	56,67	0,66
	0,14	1,20	0,08	1,09	23,78	8,52	15,26	64,18	0,60
	0,06	1,22	0,04	1,31	3,98	1,77	2,20	55,39	0,67
	0,11	1,24	0,07	1,31	15,98	6,53	9,45	59,11	0,64
	0,14	1,22	0,09	1,50	25,67	9,61	16,06	62,57	0,61

Hasil perhitungan tabel 4.3 dapat dilihat antara perbandingan Kt dengan energi yang hilang , bahwa semakin kecil nilai koefisien transmisi, semakin besar energi yang hilang. Hal ini disebabkan karena sebagian energi gelombang yang mengenai struktur sebagian dipantulkan (refleksi), sebagian lagi diteruskan (transmisi), dan sisanya diserap oleh struktur.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan *Wave Steepness*

Gambar 4.6 di bawah ini menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan *wave steepness* dengan konfigurasi yang berbeda dan puncak yang berbeda pula. Konfigurasi A dengan satu susunan terumbu buatan tinggi struktur 0,1 m. Konfigurasi B dengan dua tumpuk terumbu buatan tinggi struktur 0,2 m dan konfigurasi C susunan tiga tumpuk terumbu buatan tinggi struktur 0,3 m.

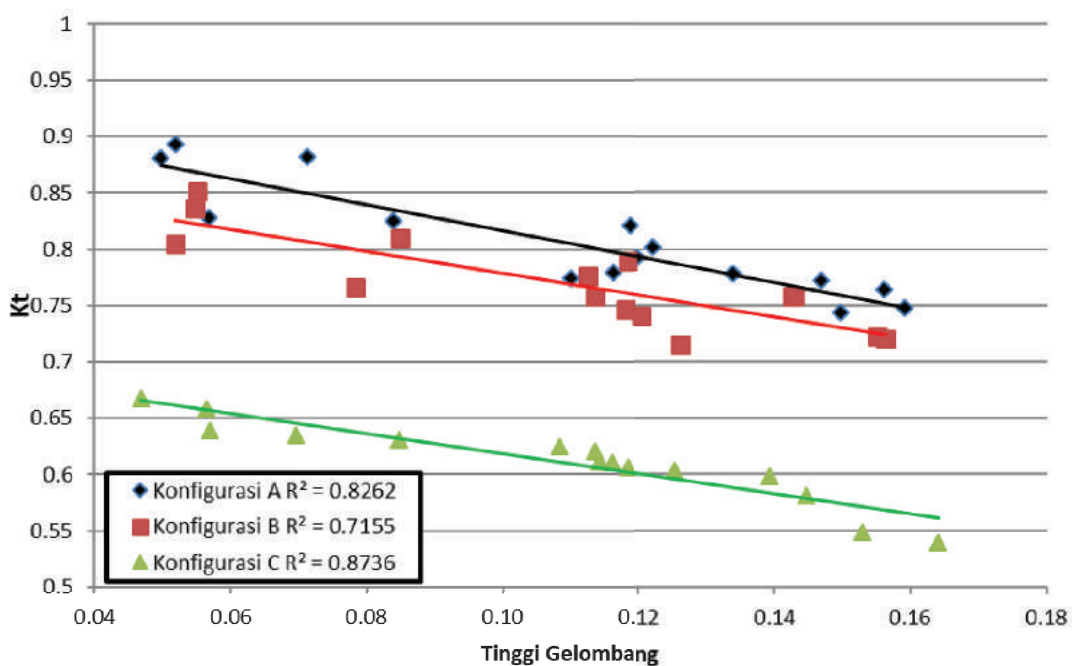


Gambar 4.6 Hubungan Koefisien Transmisi dengan *Wave Steepness*

Nilai koefisien transmisi pada grafik diatas bekisar antara 0.74 – 0.88 untuk konfigurasi A, untuk konfigurasi B 0,71 – 0,85 dan untuk konfigurasi C nilai koefisien transmisi yaitu berkisar antara 0,54 – 0,67. Pada grafik diatas menunjukkan pengaruh peningkatan *wave steepness* menghasilkan nilai koefisien transmisi yang semakin rendah. Hal ini dapat disimpulkan bahwa hubungan antara koefisien transmisi dan *wave steepness* berbanding terbalik. Penurunan nilai koefisien transmisi disebabkan oleh semakin besarnya nilai *wave steepness* menyebabkan gelombang menjadi tidak stabil dan mudah pecah.

#### 4.2.2 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Tinggi Gelombang

Gambar 4.7 dibawah ini menunjukkan pengaruh dari tinggi gelombang terhadap transmisi gelombang pada konfigurasi A, B dan C dengan lebar puncak yang sama 0,25 m dibedakan oleh tinggi struktur. Untuk tinggi struktur konfigurasi A 0.1 m, konfigurasi B dengan tinggi struktur 0.2 m dan konfigurasi C dengan tinggi struktur 0.3 m. Hasil grafik pengaruh tinggi gelombang terhadap koefisien transmisi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

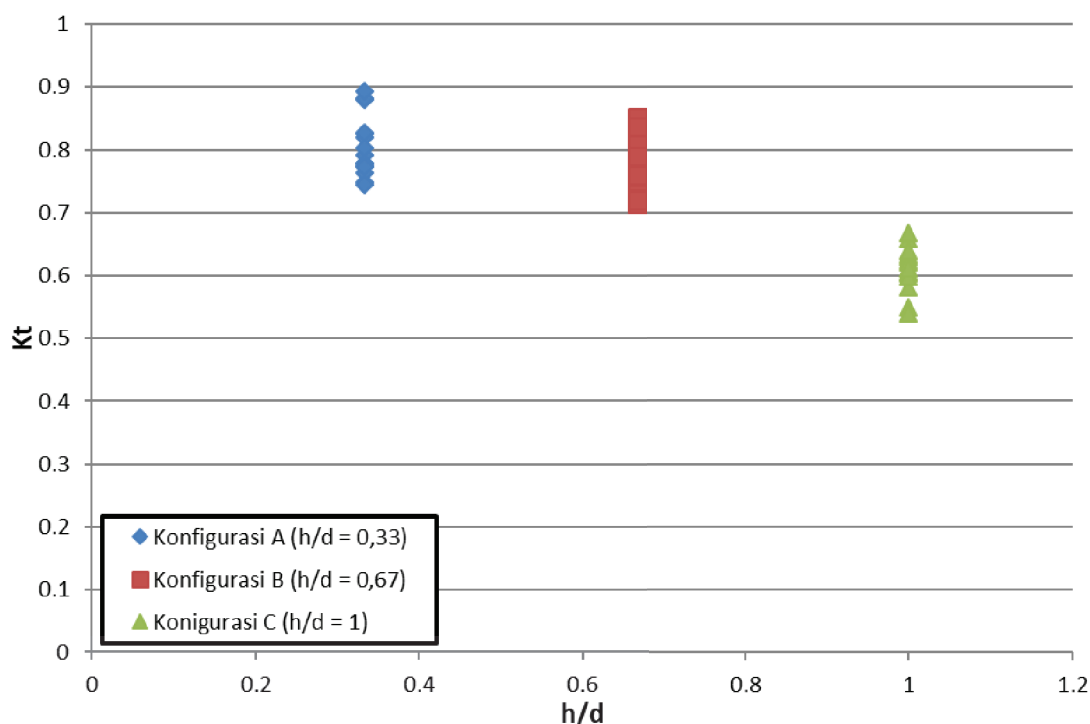


Gambar 4.7 Hubungan Koefisien Transmisi dengan Tinggi Gelombang ( $d = 30$  cm)

Besarnya koefisien transmisi dengan pengaruh tinggi gelombang pada konfigurasi A berkisar antara (0.74 – 0.89), untuk konfigurasi B (0,71 – 0,88) dan untuk konfigurasi C nilai koefisien transmisi yaitu berkisar antara (0,54 – 0,67). Dari plot grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan tinggi gelombang dan koefisien transmisi yang paling signifikan terjadi pada struktur konfigurasi C dengan tinggi 0.3 m. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi struktur semakin besar daya redam yang dihasilkan.

### 4.2.3 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Tinggi Susunan

Gambar 4.8 dibawah ini menunjukkan hubungan antara koefisien transmisi dengan tinggi susunan pada masing – masing konfigurasi. Konfigurasi A dengan nilai  $h/d$  0,3; konfigurasi B dengan nilai  $h/d$  0,6; dan konfigurasi C memiliki nilai  $h/d$  1.



Gambar 4.8 Hubungan Koefisien Transmisi dengan Rasio Tinggi Susunan

Akibat pengaruh rasio tinggi susunan dengan kedalaman yang semakin besar menyebabkan nilai  $K_t$  yang semakin kecil. Hal ini terjadi akibat pengaruh tinggi *freeboard* 0,2 m pada konfigurasi A yang menghasilkan nilai  $h/d$  0,3, dimana menghasilkan nilai rentang koefisien transmisi sebesar (0,74 – 0,89). Sedangkan dengan tinggi *freeboard* 0,1 m pada konfigurasi B yang menghasilkan nilai  $h/d$  0,6. Konfigurasi B menghasilkan nilai koefisien transmisi sebesar (0,71 – 0,88). Konfigurasi C dengan tinggi *freeboard* 0 m menghasilkan nilai  $h/d$  1, didapatkan nilai koefisien transmisi sebesar (0,54 – 0,67). Berdasarkan rentang nilai koefisien yang dihasilkan dapat dinyatakan konfigurasi A dan B menghasilkan nilai koefisien yang lebih besar dari pada konfigurasi C, dengan kata lain konfigurasi C lebih baik dalam mereduksi gelombang. Disamping itu dari pengujian yang dilakukan, dapat dinyatakan semakin besar nilai  $h/d$  maka semakin kecil nilai koefisien transmisi, karena luas bidang gesekan antar gelombang dengan

struktur semakin meningkat. Struktur breakwater yang tinggi akan menghadang laju penjalaran gelombang. Sehingga gelombang akan dipantulkan, diserap dan sebagian lagi ditransmisikan ke belakang struktur yang terjadi pengurangan energi. Semakin tinggi struktur breakwater maka akan semakin besar pula reduksi gelombang yang dihasilkan sehingga akan memberikan nilai tinggi gelombang transmisi yang relatif kecil yang pada akhirnya memberikan nilai koefisien transmisi yang kecil.

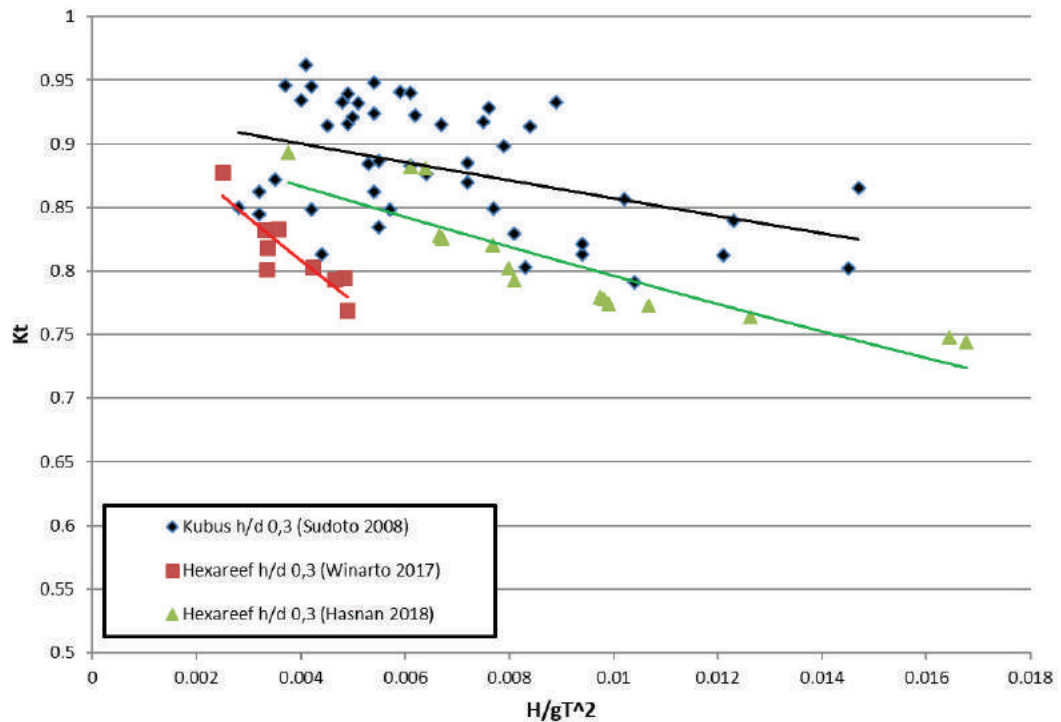
#### 4.2.4 Perbandingan dengan Studi Sebelumnya

Analisa yang telah dilakukan koefisien transmisi dipengaruhi oleh parameter – parameter yang ada yaitu seperti, *wave steepness* ( $H_i/gT^2$ ), dan rasio tinggi susunan ( $h/d$ ). Semakin meningkatnya *wave steepness*, semakin menurun nilai koefisien transmisinya. Hal ini terjadi karena dengan semakin tingginya nilai *wave steepness* menyebabkan gelombang menjadi tidak stabil dan mudah pecah. Pengaruh rasio tinggi susunan sangat berpengaruh terhadap nilai koefisien yang dihasilkan, dimana koefisien transmisi yang menurun seiring dengan bertambahnya tinggi struktur. Semakin tinggi struktur maka semakin dekat juga jarak dengan permukaan air, sehingga semakin besar energi yang tereduksi. Struktur *breakwater* yang tinggi akan menghadang laju gelombang, sehingga gelombang datang akan dipantulkan, diserap dan sebagian gelombang melewati struktur yang disebut gelombang transmisi. Gelombang yang melewati struktur mengalami pengurangan energi.

Selain dari koefisien transmisi, struktur *submerged breakwater* dapat dikatakan baik dalam meredam gelombang apabila energi yang tereduksi besar. Dari analisa yang sudah dilakukan, dapat diketahui pada tabel 4.3, susunan struktur yang paling baik dalam mereduksi gelombang yaitu pada konfigurasi C dengan besar energi yang tereduksi 70,91%.

Selanjutnya untuk mengetahui efektifitas terumbu buatan bentuk hexagonal ini, maka perlu perbandingan dengan terumbu buatan bentuk lain yang sudah diteliti pada studi sebelumnya. Gambar 4.9 dibawah ini merupakan perbandingan antara bentuk kubus (Sudoto, 2008), hexareef (1) (Winarto, 2017) dan hexareef (2) (Hasnan, 2018).





Gambar 4.9 Perbandingan Pengaruh *Wave Steepness* terhadap Kt Kubus (Sudoto, 2008), Hexareef (1) (Winarto, 2017), dan Hexareef (2) (Hasnan, 2018)

Hasil pengujian menunjukkan trend yang sama antara model kubus, hexareef (1), dan hexareef (2), dimana koefisien transmisi gelombang menurun dengan bertambahnya nilai *wave steepness*. Perbedaan terletak pada nilai Kt yang dihasilkan, untuk rentang nilai *wave steepness* 0,003 – 0,006 bentuk yang menghasilkan Kt paling kecil yaitu bentuk hexareef (1) yang menghasilkan Kt antara 0,78 – 0,88. Sedangkan bentuk hexareef (2) menghasilkan Kt yang berkisar antara 0,82 – 0,89 dan bentuk terumbu buatan kubus menghasilkan Kt sebesar 0,84 – 0,96. Hal ini disebabkan karena bentuk struktur terumbu buatan yang berbeda – beda, dimana bentuk hexareef (1) dengan lubang yang lebih sedikit sebanyak 3 lubang, daripada hexareef (2) dengan jumlah 6 lubang. Terumbu buatan bentuk kubus juga terdapat rongga yang besar, sehingga kurangnya dalam proses peredaman gelombang dan mengakibatkan koefisien transmisi yang besar.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Energi terbesar dari hasil redaman terumbu buatan bentuk hexagonal (*hexareef*) yaitu sebesar 70,91% pada ketinggian gelombang (H) 0,15 m konfigurasi vertical C.
2. Untuk nilai koefisien transmisi terkecil yang dihasilkan sebesar 0,55 pada terumbu buatan konfigurasi vertikal C.
3. Dari hasil yang dianalisa dapat diketahui bahwa konfigurasi C dengan tinggi struktur 0,3 m merupakan konfigurasi yang paling baik dalam meredam gelombang.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dilakukan untuk peneliti selanjutnya :

1. Perlu dilakukan penelitian konfigurasi vertikal dengan lebar puncak yang berbeda.
2. Perlu dilakukan variasi elevasi muka air.
3. Perlu dilakukanya analisa spektrum.
4. Perlu dilakukanya analisa stabilitas terumbu buatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, I.Y., (2011), *Pengujian Efektivitas Peredaman Gelombang Dengan Rancangan Struktur Sederhana Berbentuk Silinder*, Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Armono, H.D., (1999), *Flow Field Around Single and Multiple Hollow Hemispherical Artificial Reefs Used for Fish Habitat*. Thesis, 149 pp., Memorial University of Newfoundland.
- Aromno, H.D., (2004), *Wave Transmission over Hermispherical Shape Artificial Reefs*. Marine Technology Conference (MARTEC), Johor Baru, Malaysia.
- Astuti, K., (2017), *Kondisi Terumbu Karang Indonesia Menghawatirkan*. Republika. 7 Juni 2017.
- Azar, R.M., Wurjanto., A. dan Yuanita, N., (2011), *Studi Pengamatan Pantai Tipe Pemecah Gelombang Tenggelam di Pantai Tanjung Kait*, Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung.
- Bhattacharya,. (1972), *Dynamic of Marine Vehicle*, a Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York.
- CERC., (1984), *Shore Protection Manual*, Department of The Army Waterway Experiment Station, Corps of Engineering Research Center, Fourth Edition, US Government Printing Office, Washington.
- Chakrabarti, S.K., (1987), *Hydrodynamics of Offshore Structures*. Computational Mechanics Publications, Springer-Verlag Berlin.
- Dattatri, J., Rahman, H. and Shankar, N.J., (1978), *Performance Characteristics of Submerged Breakwaters*, Proc. 16th Int'l Conference on Coastal Engineering, Hamburg, Germany, pp 2152 – 2171.
- Goda, Y., (1985), *Random Seas And Design of Maritime Structure*. Japan: University of Tokyo Press.
- Hughes, S.A., (1993), *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*, Coastal Engineering Research Center, Waterways Experiment Station, USA.

Massel, S.R., (1996), *Ocean Surface Waves: Their Physics and Prediction*, Advanced Series on Ocean Engineering-Volume 11, Australian Institute of Marine Science: World Scientific, Singapore-New Jersey-London-Hongkong.

Seabroks, S.R., (1997), *Investigation of the performance of submerged rubblemound breakwaters*. Thesis, 199 pp., Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.

Simatupang, J., Mukhtasor., Pratikto, W.A., Wahyudi., (2008), *Studi Uji Model Fisik Peredam Gelombang Tenggelam Bentuk Enam Gigi Gergaji*, Dinamika Teknik Sipil Volume 8, Portal Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Sudoto., (2008), *Karakteristik Transmisi Gelombang Yang melalui Terumbu Buatan Kubus Berongga Sebagai Submerged Breakwater*, Tesis Program Magister, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Triatmojo, B., (1999), *Teknik Pantai*. Penerbit: Beta Offset, Yogyakarta

Winarto, A., (2017), *Pengaruh Konfigurasi Terumbu Buatan Bentuk Hexagonal Pada Transmisi Gelombang*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Yuwono, N., (1994), *Perencanaan Model Hidraulik*, Lab. Hidrolika dan Hidrologi, PAU IT UGM, Yogyakarta.

<https://zardhan.wordpress.com>, diakses 22 September 2017

## **LAMPIRAN**

## LAMPIRAN 1

### DOKUMENTASI KEGIATAN PENELITIAN



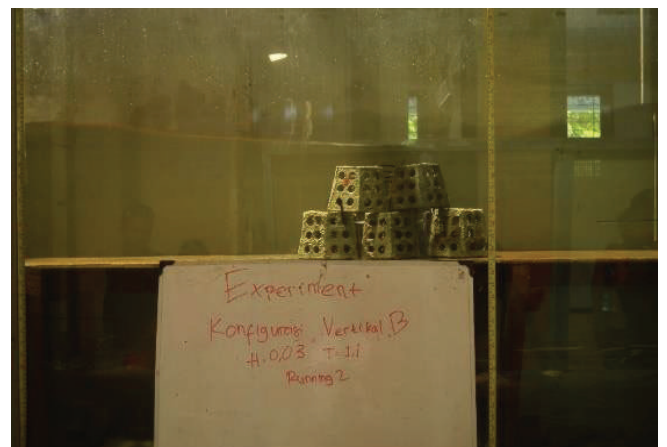
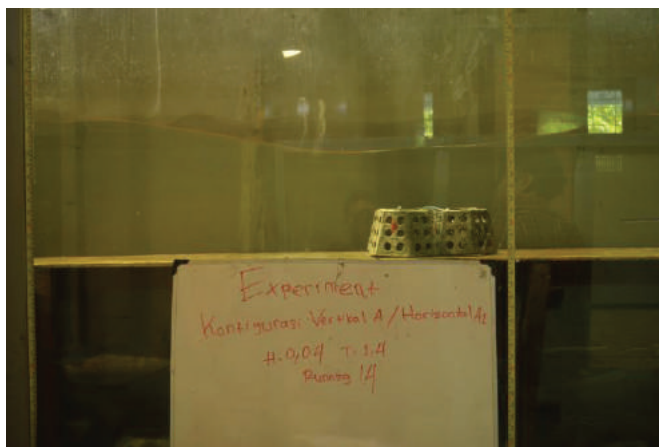
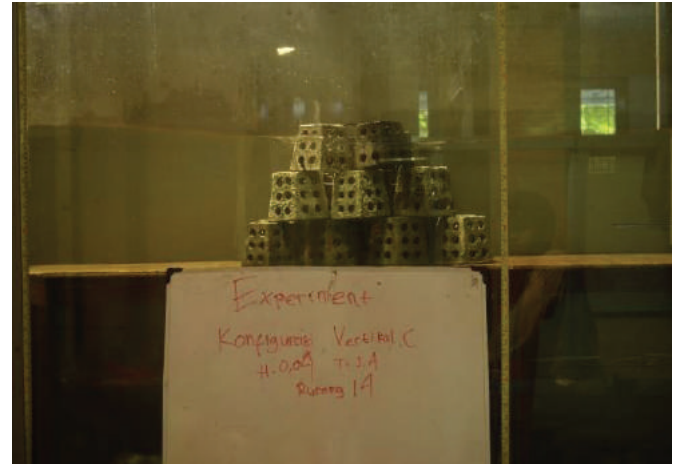
PROSES PEMBUATAN MODEL HEXAREEF



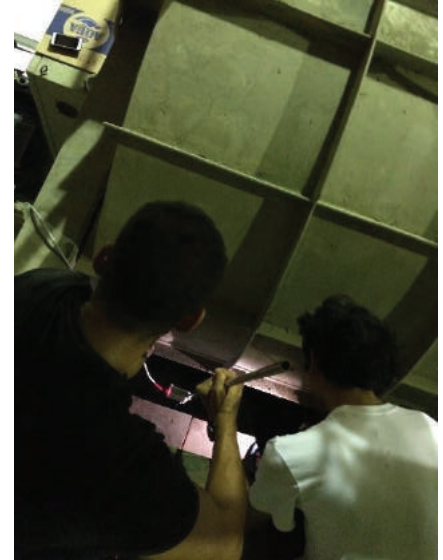


PROSES PEMBUATAN PLATFORM





## PROSES PENYUSUNAN KONFIGURASI



PROSES KALIBRASI PROBE

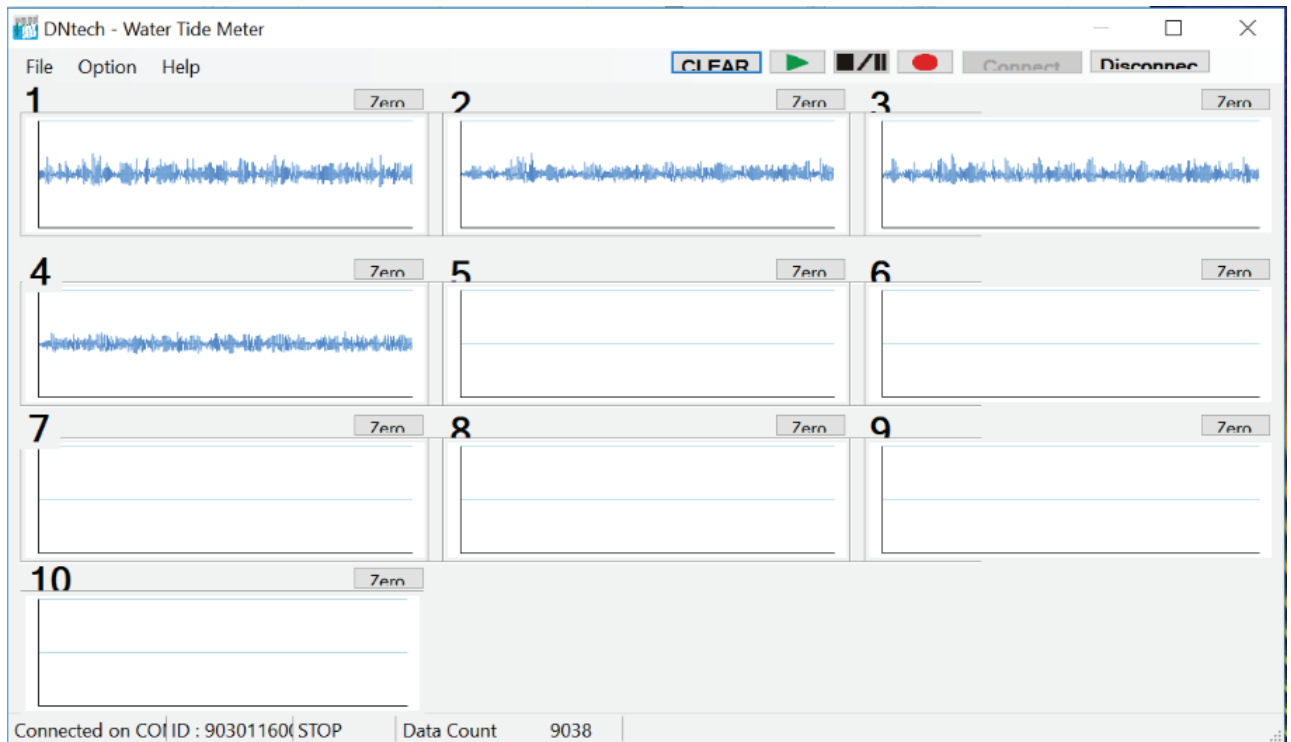


PROSES RUNNING GELOMBANG

## LAMPIRAN 2

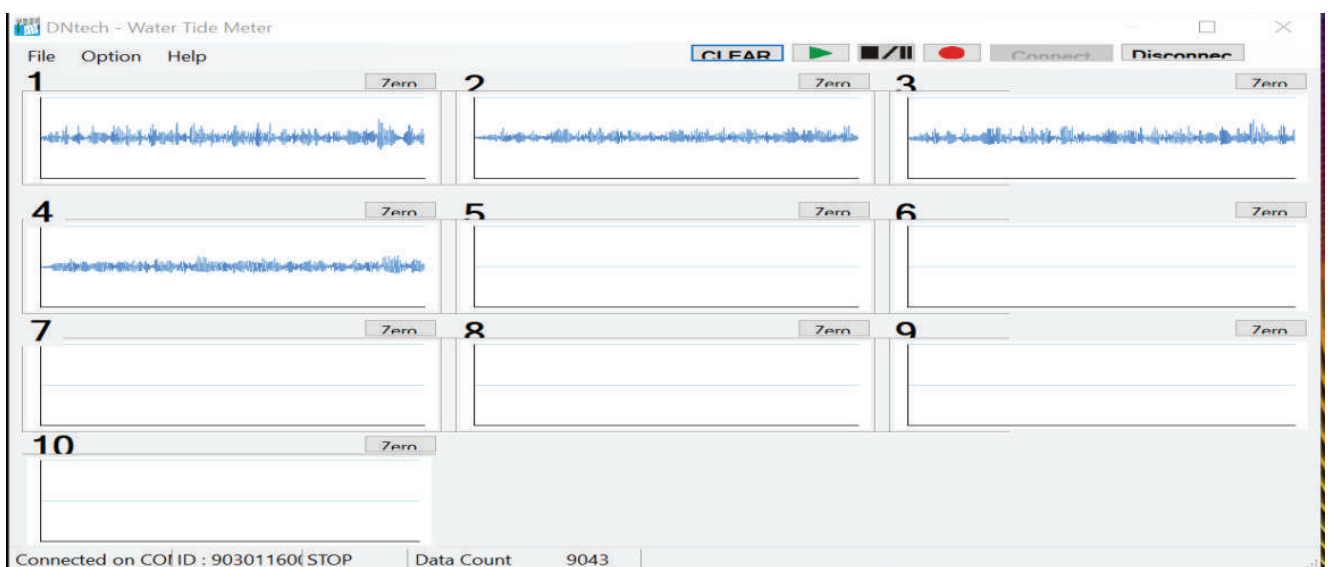
### TAMPILAN *WATER TIDE METER*

#### KONFIGURASI A



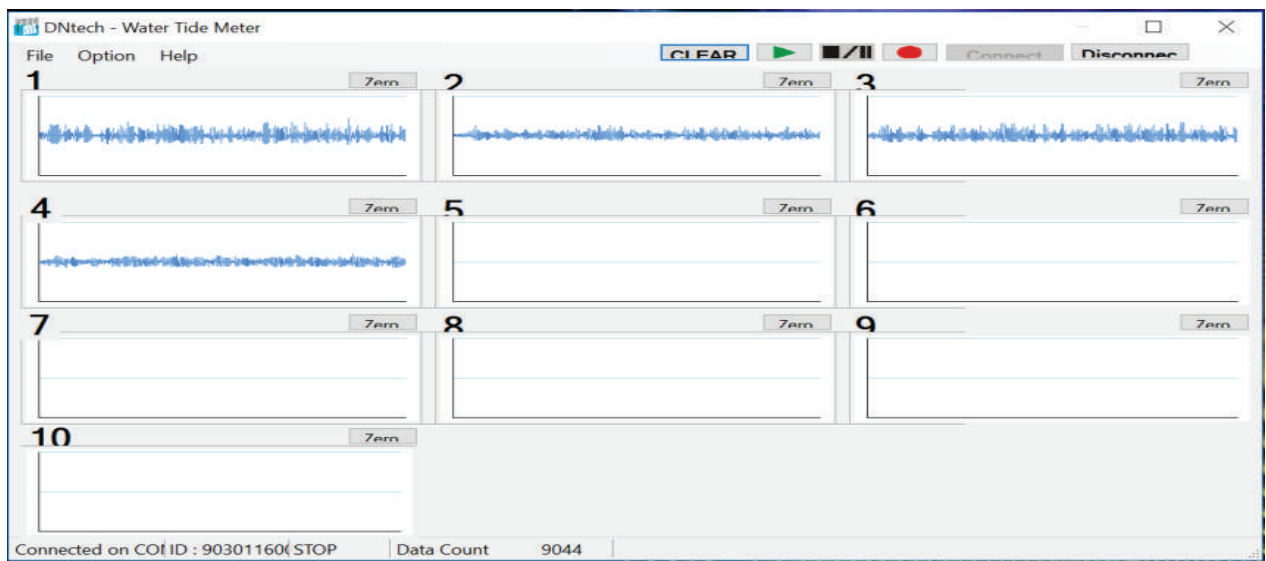
Running 3.  $H=0,7$   $T=1,2$

#### KONFIGURASI B



$H=0,07$   $T=1,2$

## KONFIGURASI C



$$H=0.07 \text{ T}=1.2$$

### LAMPIRAN 3

### HASIL ANALISA WAVAN

>> wavan

Program WAVAN

Wave Analysis

INPUT

enter input filename manualh10.txt

Enter Number of Columns in Input File: 2

Enter No. of Points (Multiple of 8): 1800

Do you want plots? - Yes=1, No=0: 1

Remove Mean (1) or Trend (2)?: 2

Enter Desired Resolution, M: 5

Enter Number of Bins for Histogram: 5

Basic Output

Mean Water Level = 0.4431 centimetres

Water Level Trend = 0.00418 cm/s

Sigma = 3.862 centimetres

Wave Statistics

Up-Crossing (1), Down-Crossing (2) or Average (3)?: 1

Number of Waves = 33

Average Wave Period = 1.0000 seconds

Significant Wave Height = 16.1772 centimetres

Maximum Wave Height = 23.4008 centimetres

Average Wave Height = 9.6308 centimetres

rms Wave Height = 11.2976 centimetres

Average of Highest 1/10 = 20.4904 centimetres

Sigmaz = 3.0285 centimetres

For the Raw Spectrum

fmin = 0.0278 Hz

Sigma = 3.8617 cm

S(p) = 114.8755 cm<sup>2</sup>/Hz

f(p) = 0.8611 Hz

T(p) = 1.1613 sec

Variance = 14.9126 cm<sup>2</sup>

Long Wave Variance = 0.0983 cm<sup>2</sup>

Short Wave Variance = 14.8143 cm<sup>2</sup>

Hmo = 15.45 cm

Long Wave Hmo = 1.25 cm

Short Wave Hmo = 15.40 cm

First Moment = 15.87926 centimetres

Second Moment = 29.10634 centimetres

Third Moment = 223.24949 centimetres

Fourth Moment = 3774.18444 centimetres

Epsilon Squared = 0.98 centimetres

T(0,1) = 0.94 centimetres

T(0,2) = 0.72 centimetres

#### For the Spectrum with Defined Resolution

resolution = 0.1389 Hz

Sigma = 3.8582 cm

S(p) = 46.0008 cm<sup>2</sup>/Hz

f(p) = 0.8889 Hz

T(p) = 1.13 sec

Variance = 14.8857 cm<sup>2</sup>

Long Wave Variance = 0.0764 cm<sup>2</sup>

Short Wave Variance = 14.8092 cm<sup>2</sup>

Hmo = 15.43 cm

Long Wave Hmo = 1.11 cm

Short Wave Hm = 15.39 cm

First Moment = 15.90727 centimetres

Second Moment = 29.07530 centimetres

Third Moment = 221.40629 centimetres

Fourth Moment = 3727.57891 centimetres

Epsilon Squared = 0.98 centimetres

T(0,1) = 0.94 centimetres

T(0,2) = 0.72 centimetres

#### For the Average of 4 Spectra

fmin = 0.1111 Hz

Sigma = 3.8617 cm

S(p) = 39.2868 cm<sup>2</sup>/Hz

f(p) = 0.8889 Hz

T(p) = 1.13 sec

Variance = 14.9126 cm<sup>2</sup>

Long Wave Variance = 0.2819 cm<sup>2</sup>

Short Wave Variance = 14.6307 cm<sup>2</sup>

Hmo = 15.45 cm

Long Wave Hmo = 2.12 cm

Short Wave Hmo = 15.30 cm

For the Average of 7 Spectra

fmin = 0.1111 Hz

Sigma = 3.9253 cm

S(p) = 43.8320 cm<sup>2</sup>/Hz

f(p) = 0.8889 Hz

T(p) = 1.13 sec

Variance = 15.4080 cm<sup>2</sup>

Long Wave Variance = 0.3035 cm<sup>2</sup>

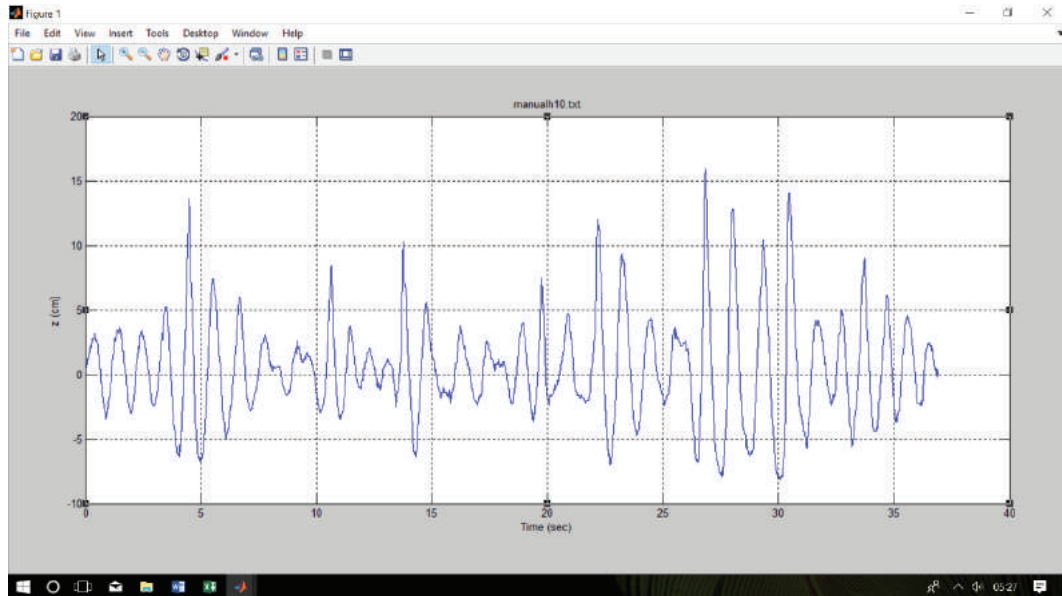
Short Wave Variance = 15.1045 cm<sup>2</sup>

Hmo = 15.70 cm

Long Wave Hmo = 2.20 cm

Short Wave Hmo = 15.55 cm





No	H (cm)	T (s)
1	7.051	1.076
2	6.392	0.988
3	7.666	0.987
4	19.992	1.008
5	14.211	1.123
6	11.774	1.092
7	5.841	1.556
8	4.230	1.405
9	11.414	0.927
10	7.214	0.924
11	3.244	0.822
12	2.431	0.754
13	12.784	0.682
14	12.012	1.167
15	6.060	1.469
16	5.046	1.582

17	9.17988	1.0761
18	8.3313	1.0085
19	7.66624	0.9992
20	7.3757	0.9991
21	7.21383	0.9951
22	7.05124	0.9879
23	6.85133	0.9865
24	6.39178	0.9381
25	6.34525	0.9311
26	6.06043	0.9266
27	5.96133	0.9238
28	5.84115	0.9168
29	5.04562	0.8448
30	4.88849	0.8221
31	4.23007	0.7822
32	3.24386	0.7535
33	2.43116	0.6819
Total	346.113	36.201

n	=	33
Hmax	=	23.778 cm
Tmax	=	1.798 s
Havg	=	10.488 cm
Tavg	=	1.097 s
Hs	=	17.010 cm
Ts	=	1.359 s

HASIL TINGGI DAN PERIODE GELOMBANG PERHITUNGAN MANUAL

LAMPIRAN 4

HASIL PENGUJIAN

Konfigurasi A

	Runnngan 1		Runnngan 2		Runnngan 3		Runnngan 4		Runnngan 5		Runnngan 6		Runnngan 7		Runnngan 8	
	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht
n	323	423	264	357	202	274	233	322	282	426	243	290	187	225	193	226
period T (s)	0.8911	0.8911	1.0405	0.9091	1.1842	1.1842	0.9836	1.1688	0.8911	0.8911	1.1842	1.2414	1.2414	1.2414	1.1842	0.9626
Hs (cm)	4.9798	3.8222	7.1354	5.5004	10.9949	8.2876	11.975	8.3348	5.1832	4.0822	8.3933	7.0566	11.6191	9.4362	13.3977	9.9066
Hmax(cm)	10.95	8.2	14	9.45	18.75	15.05	20.5	14.9999	9.1	7.6501	13.75	10.15	20.75	15.7	21	16.0001
Havg(cm)	2.3178	1.7977	3.9334	2.8072	6.1335	3.9624	6.3826	3.9339	2.7429	1.9955	4.6922	3.6247	7.0601	5.241	8.4065	5.8489
Hrms(cm)	3.1878	2.4725	4.8597	3.5882	7.4824	5.3324	8.0538	5.2867	3.4473	2.6548	5.7015	4.586	8.1611	6.3876	9.5167	6.8889
H1/10	6.6909	5.5477	9.3685	7.4054	13.95	11.0001	15.9625	10.5667	6.9155	5.8566	10.454	8.6933	14.8975	11.5391	16.8625	12.0896
Sigmaz	0.9109	0.7225	1.3526	0.9678	2.0129	1.4592	2.2237	1.4202	0.9341	0.7218	1.5657	1.1815	2.3056	1.7621	2.6313	1.9346
Kt		0.76754		0.77086		0.75377		0.69602		0.78758		0.84074		0.81213		0.73943

Runnngan 9		Runnngan 10		Runnngan 11		Runnngan 12		Runnngan 13		Runnngan 14		Runnngan 15	
Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht
179	197	187	227	174	219	175	205	221	308	178	208	183	176
0.9836	1.3333	0.9836	1.2766	1.1111	1.3333	1.1842	1.1842	1.2414	1.2414	1.2414	1.276	1.2414	1.2414
15.9116	11.4346	15.6119	10.9221	11.8771	9.7865	14.6848	11.303	5.6794	4.7688	12.2217	10.0214	14.975	12.1009
26.5	16.55	23.7002	14.6	17.9	15.3999	23.5	17.2503	12.6499	9.65	19.8	17.5	25.9499	17.75
10.0947	7.1155	9.7415	6.2806	7.748	5.6597	8.8811	6.5309	3.084	2.3296	7.218	5.5995	8.606	7.5705
11.4237	8.1844	11.0462	7.4955	8.6138	6.7306	10.2158	7.7854	3.8529	3.1013	8.4375	6.8235	10.2917	8.6677
19.7869	13.3476	18.9801	12.625	14.3	11.9413	18.5195	13.7693	7.4435	6.7766	15.45	12.5841	18.8184	14.958
3.1336	2.303	3.1695	2.0312	2.4596	1.8444	2.8152	2.1489	1.1083	0.8802	2.3012	1.9176	2.8521	2.4986
	0.71863		0.6996		0.82398		0.76971		0.83967		0.81997		0.80807

Konfigurasi B

	Runnngan 1		Runnngan 2		Runnngan 3		Runnngan 4		Runnngan 5		Runnngan 6		Runnngan 7		Runnngan 8	
	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht
n	290	303	223	318	215	209	202	221	266	284	231	232	188	198	219	215
T (s)	0.9836	1.1111	0.8867	0.8867	1.1842	1.1842	1.1842	1.1842	0.9474	0.8911	1.0778	1.2414	1.0778	1.3333	1.1842	1.1842
Hs (cm)	5.1871	4.4515	7.8274	5.9668	11.251	8.9454	12.6192	9.0129	5.5145	4.5085	8.4942	7.0116	11.8141	9.1203	12.0406	8.9433
Hmax(cm)	12.2	7.55	12.8	9.95	18.3001	14.5003	20.1	13.7004	9.55	7.4499	16.8	11.4	20.1502	14.1501	19.8999	13.65
Havg(cm)	2.5923	2.2457	4.8129	3.0711	6.1457	5.1046	7.6681	5.5112	2.9393	2.4222	4.5911	3.9119	6.9319	5.39	6.7434	5.3765
Hrms(cm)	3.4063	2.898	5.5345	3.9053	7.6139	6.1272	8.8554	6.3881	3.671	3.0042	5.7166	4.7218	8.1917	6.3707	8.1951	6.2988
H1/10	7.0683	5.9275	9.9761	7.5318	14.1909	10.9366	15.6762	10.6349	7.1286	5.8604	10.7542	8.7646	15.59	11.2716	15.7348	10.7842
Sigmaz	1.0081	0.7911	1.5312	1.0866	2.0627	1.6726	2.4479	1.7995	1.0153	0.8096	1.6018	1.2987	2.2432	1.731	2.2733	1.7516
Kt		0.85819		0.7623		0.79508		0.71422		0.81757		0.82546		0.77198		0.74276

Runnngan 9		Runnngan 10		Runnngan 11		Runnngan 12		Runnngan 13		Runnngan 14		Runnngan 15	
Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht
189	228	203	241	203	253	190	219	254	387	198	224	183	175
1.1688	1.3534	1.1111	1.2587	1.1688	1.295	1.1842	1.3333	1.22	1.2414	1.2414	1.3139	1.2414	1.2414
15.5055	10.6474	15.6377	10.1007	11.8355	8.9529	14.2656	10.4679	5.4744	4.0296	11.3515	9.3494	14.3056	11.5628
28.4	17.4	24.2	13.9	22.2001	13.5999	25	15.8005	8.95	7.75	20.15	13.2997	23.25	15.7502
9.004	5.8649	9.2596	5.7002	6.7082	4.5577	8.3745	6.049	2.7359	2.0598	6.273	5.1738	8.3107	7.4938
10.7058	7.2555	10.8947	6.9102	8.1086	5.8633	9.8908	7.2253	3.5571	2.6729	7.6667	6.2804	9.8948	8.4519
19.8275	13.0396	19.2714	11.792	14.85	11	17.8225	12.7461	7.2712	5.9213	14.2286	10.9456	18.129	13.6585
2.9679	1.961	3.0388	1.8817	2.3085	1.5704	2.6291	1.9736	0.9339	0.7306	2.1168	1.6995	2.726	2.5333
	0.68669		0.64592		0.75644		0.73379		0.73608		0.82363		0.80827

## Konfigurasi C

	Runnngan 1		Runningan 2		Runningan 3		Runningan 4		Runningan 5		Runningan 6		Runningan 7		Runningan 8	
	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht
n	343	449	296	354	229	287	280	285	280	370	233	339	198	225	221	253
T (s)	0.8911	1.1111	0.9836	0.8867	1.2245	1.2766	0.9626	1.1465	1	0.8911	1.0405	1.2414	1.1842	1.3333	0.9626	1.1111
<b>Hs (cm)</b>	<b>4.6783</b>	<b>3.0294</b>	<b>6.953</b>	<b>4.4702</b>	<b>10.8273</b>	<b>6.7192</b>	<b>11.3628</b>	<b>6.7167</b>	<b>5.6378</b>	<b>3.4157</b>	<b>8.4709</b>	<b>4.9206</b>	<b>11.6097</b>	<b>7.6994</b>	<b>12.5413</b>	<b>7.5171</b>
Hmax(cm)	11.25	6.7	13	7.4	20.4	11.7999	22.5	11.4002	10.1999	7.55	15.25	8.0001	19.65	12.2501	19.35	10.3
Havg(cm)	2.1521	1.4857	3.4289	2.2689	5.3972	3.2199	5.4136	3.436	3.0245	1.8034	4.6359	2.4367	6.8021	4.3083	7.1507	4.1351
Hrms(cm)	3.0177	2.0087	4.536	2.9105	7.1114	4.3166	7.3572	4.3733	3.7593	2.2628	5.7009	3.1794	8.0873	5.1952	8.6004	5.0034
H1/10	6.7372	4.5859	9.4597	6.0056	14.7104	9.155	15.1069	8.6552	7.3104	4.5908	10.7084	6.5572	14.9095	9.4088	15.687	8.9673
Sigmaz	0.9149	0.566	1.254	0.755	2.0061	1.144	2.1292	1.192	1.0474	0.6554	1.5844	0.8367	2.1886	1.4519	2.3677	1.3302
<b>Kt</b>		<b>0.64754</b>		<b>0.64292</b>		<b>0.62058</b>		<b>0.59111</b>		<b>0.60586</b>		<b>0.58088</b>		<b>0.66319</b>		<b>0.59939</b>

Runningan 9		Runningan 10		Runningan 11		Runningan 12		Runningan 13		Runningan 14		Runningan 15	
Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht	Hi	Ht
190	240	194	217	208	263	185	210	205	280	178	234	170	201
0.9836	1.2414	1.1111	1.2245	1.2414	1.2766	1.2027	1.2743	1.22	1.2414	1.2414	1.3139	1.22	1.3139
<b>15.3</b>	<b>9.2932</b>	<b>16.4101</b>	<b>9.3303</b>	<b>11.8436</b>	<b>7.6129</b>	<b>13.9254</b>	<b>9.0487</b>	<b>5.6935</b>	<b>3.9915</b>	<b>11.4167</b>	<b>8.0133</b>	<b>14.4699</b>	<b>9.5618</b>
23.3501	14.2501	26.55	12.3	18.25	13.8	26.1	15.5001	9.65	7.3	25	14.3498	23.8999	14.95
8.9392	4.9952	10.0623	5.715	6.5764	3.797	8.2035	5.1089	3.2035	1.9938	6.7885	4.0853	8.8362	5.5436
10.541	6.2191	11.5883	6.595	8.0137	4.9188	9.7104	6.1879	3.8794	2.5964	8.0334	5.2295	10.1942	6.6758
19.285	11.414	19.4975	10.6697	14.9205	9.6778	17.7605	10.9592	7.2691	5.4035	14.8395	10.0958	18.0833	11.3691
2.879	1.7013	3.2857	1.8468	2.118	1.3708	2.6853	1.7025	1.0658	0.709	2.2758	1.4699	2.8003	1.8619
	<b>0.6074</b>		<b>0.56857</b>		<b>0.64279</b>		<b>0.6498</b>		<b>0.70106</b>		<b>0.70189</b>		<b>0.66081</b>

## LAMPIRAN 5

### TABEL PERHITUNGAN

Konfigurasi	$H_i/gT^2$	B	d	h	F	h/d	h/B	$T^2$
A	0.003757	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.541
	0.006101	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.402
	0.006393	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	0.794
	0.006654	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	0.794
	0.006718	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.083
	0.007686	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.541
	0.007992	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.402
	0.008084	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.541
	0.009739	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.402
	0.009807	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.235
	0.009905	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.541
	0.010675	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	1.402
	0.012617	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	0.967
	0.016449	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	0.967
	0.016765	0.25	0.3	0.1	0.2	0.33	0.4	0.967
B	0.003749	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.488
	0.005465	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	0.967
	0.006263	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	0.898
	0.007454	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.162
	0.007509	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.541
	0.008178	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.402
	0.008752	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.402
	0.008832	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.366
	0.009173	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.402
	0.009463	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.541
	0.010148	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	0.786
	0.010367	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.162
	0.010370	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.402
	0.011570	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.366
	0.012912	0.25	0.3	0.2	0.1	0.67	0.8	1.235
C	0.003899	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.488
	0.005747	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.000
	0.006006	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	0.794
	0.007326	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	0.967
	0.007361	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.499
	0.007552	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.541
	0.007834	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.541
	0.007976	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.083
	0.008439	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.402
	0.009814	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.446
	0.009910	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.488
	0.012500	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	0.927
	0.013550	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	1.235
	0.013797	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	0.927
	0.016121	0.25	0.3	0.3	0	1	1.2	0.967

## BIODATA PENULIS



**Muhammad Adimas Hasnan Habib** lahir di Tulungagung pada tanggal 24 Desember 1994. dari pasangan Drs. H. Winarto, M.M dan Alm. Hj. Yulifah, yang merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dengan menyelesaikan jenjang Pendidikan Dasar di SD Negeri Kampungdalem 1 Tulungagung pada tahun 2001-2007. Kemudian melanjutkan ke jenjang pendidikan menengah di SMP Negeri 1 Tulungagung

pada tahun 2007-2010 dan menyelesaikan pendidikan menengah di SMA Negeri 1 Boyolangu Tulungagung pada tahun 2010-2013. Setelah lulus SMA, pada tahun 2013 penulis diterima di Perguruan Tinggi Negeri pada Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan terdaftar dengan NRP 4313100130. Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan kepanitiaan dan organisasi diantaranya panitia OCEANO 15 sebagai Sie Publikasi dan Dokumentasi dan organisasi mahasiswa yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA). Pada tahun 2014 diberi kesempatan menjadi Staff Media Kreatif, Departemen Media Informasi dan pada tahun 2015 diberi kepercayaan untuk menjadi Kepala Divisi Media Online, Departemen Media Informasi HIMATEKLA 15/16. Penulis melakukan kerja praktek pada tahun 2016 selama dua bulan di PT. Zee Engineering Indonesia yang bertempat di BSD Kota Tangerang Selatan.

*Contact Person* : [adimashasnanhabib@gmail.com](mailto:adimashasnanhabib@gmail.com)